

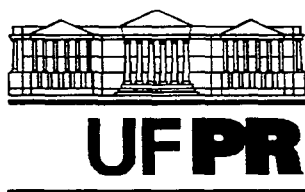
SHIZUKA KISHI

**AVALIAÇÃO DO DESENVOLVIMENTO MORFOLÓGICO DE DIFERENTES  
PROGÊNIES DE ERVA-MATE (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) EM CONDIÇÕES DE  
CAMPO**

Dissertação apresentada como requisito parcial à  
obtenção do grau de Mestre. Curso de Pós-  
Graduação em Ciências do Solo, Setor de  
Ciências Agrárias, Universidade Federal do  
Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Masato Kobiyama

CURITIBA  
2001



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E DO DESPORTO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
DEPARTAMENTO DE SOLOS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA: CIÊNCIA DO SOLO(MESTRADO) e  
MONITORAMENTO, MODELAGEM E GESTÃO AMBIENTAL(DOUTORADO)  
Rua dos Funcionários, 1540-Curitiba/PR-80035-050-Fone/Fax 41-350-5648  
E-mail: [pgcisol@agrarias.ufpr.br](mailto:pgcisol@agrarias.ufpr.br)

## P A R E C E R

Os Membros da Comissão Examinadora, designados pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Agronomia-Área de Concentração "Ciência do Solo", para realizar a arguição da Dissertação de Mestrado, apresentada pela candidata **SHIZUKA KISHI**, com o título: "**Avaliação do desenvolvimento morfológico de diferentes progênies de erva mate (*Ilex paraguariensis* St. Hill.) em condições de campo**", para obtenção do grau de Mestre em Agronomia-Área de Concentração "Ciência do Solo" do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, após haver analisado o referido trabalho e arguido a candidata, são de Parecer pela "**APROVAÇÃO**" da Dissertação, com o conceito "**C**", completando assim, os requisitos necessários para receber o diploma de **Mestre em Agronomia-Área de Concentração "Ciência do Solo"**.

Secretaria do Programa de Pós-Graduação em Agronomia-Área de Concentração "Ciência do Solo", em Curitiba 30 de outubro de 2001.

Prof. Dr. Masato Kobiyama, Presidente

Prof. Dr. Antônio Augusto Alves Pereira, Iº Examinador

Prof. Dr. Jorge Luiz Moretti de Souza, IIº Examinador



*“ Nós sabemos mais sobre o movimento  
dos corpos celestiais do que sobre o solo  
sob nossos pés ”.*

LEONARDO DA VINCI

Aos pequenos ervateiros e ao seu progresso

**Dedico**

## AGRADECIMENTO

O autor expressa seu sincero agradecimento para as seguintes pessoas e entidades.

Ao Prof. Dr. Masato Kobiyama do Curso de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná pela amizade, orientação, empréstimo de livros e ensino de metodologia científica. Este ensino incentivou o interesse do autor no campo da pesquisa científica.

Ao Co-orientador Prof. Dr. José Sebastião Fernandes Cunha do Departamento de Genética, Setor de Ciências Biológicas da UFPR pela permissão para participar no experimento de erva-mate na Fazenda Canguiri da UFPR e pelos conselhos na parte de análise do crescimento da planta.

Ao Prof. Dr. Vander Freitas Melo, Coordenador do Curso de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Setor de Ciências Agrárias da UFPR pelo apoio para obter informações do Departamento de Língua Estrangeira.

Ao Prof. Dr. Jorge Morette da Sousa do Curso de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Setor de Ciências Agrárias da UFPR pelo incentivo e conselho na pesquisa.

Aos estagiários do orientador: Silvio Y. Ushiwata, Jurandir Jr. Bueno, Ricardo Fabris, Dirceu Fruet, Alex P.R. dos Santos, José Wermute, pelo apoio na coleta do solo no campo.

Aos estagiários do orientador, meus amigos Jean Paolo Gomes Minella e Odair José Manfroi pelo apoio na coleta do solo no campo, assim como pelos conselhos e discussões na pesquisa.

À minha amiga Sandra Regina Cavichiolo pelo incentivo.

Às Sra. Elda Nazaré Leite Lubasinski e Sra. Maria Aparecida Carvalho dos Santos, laboratoristas do Laboratório de Biologia do Solo e Laboratório de Física do Solo da UFPR, pela assistência da análise no laboratório.

Aos estagiários do orientador Clodoveu Trentin e Carolina Gebler pelo apoio na medição das plantas no campo.

À Coordenação do Curso de Pós-Graduação em Ciência do Solo Setor de Ciências Agrárias da UFPR pela oportunidade da realização do curso.

Aos colegas do Curso de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Setor de Ciências Agrárias da UFPR pelo companheirismo no curso.

À minha amiga Susan Luciana Mayumi Honjo pela amizade, apoio e alegria.

Às minhas amigas Ayako Kashiwagi e Tomoe Habara pela amizade e incentivo na realização desta pesquisa.

Às minhas amigas Junko Kitahata, e Yoshie Ozeki pela amizade e carinho.

À minha amiga Adriana Frasso da Silva pela amizade, ensino da língua portuguesa, alegria e dança.

À estagiária do orientador, Milena Barcellos pelo auxílio na revisão de texto.

À todos que direta ou indiretamente colaboraram para realizar esta pesquisa.

Aos meus lindinhos sobrinhos, Kouta e Kensuke pela presença.

Às minhas irmãs Yoko Kishi e Miwako Fujiyama pelo carinho e incentivo.

Finalmente, aos meus pais Sr. Seiichi Kishi e Sra. Keiko Kishi pela compreensão, carinho e preocupação.

## SUMÁRIO

|  |             |
|--|-------------|
| <b>LISTA DE FIGURAS</b>                                      | <b>vii</b>  |
| <b>LISTA DE TABELAS</b>                                      | <b>viii</b> |
| <b>RESUMO</b>  | <b>x</b>    |
| <b>ABSTRACT</b>  | <b>xi</b>   |
| <b>1 INTRODUÇÃO</b>  | <b>1</b>    |
| <b>2 OBJETIVOS</b>   | <b>3</b>    |
| 2.1 OBJETIVO GERAL   | 3           |
| 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS                                    | 3           |
| <b>3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>                               | <b>4</b>    |
| 3.1 ERVA-MATE  | 4           |
| 3.1.1 Considerações gerais                                   | 4           |
| 3.1.2 Características morfológicas da erva-mate              | 6           |
| 3.1.3 Área de distribuição da erva-mate                      | 6           |
| 3.2 FISIOLOGIA VEGETAL                                       | 9           |
| 3.2.1 Crescimento da planta                                  | 10          |
| 3.2.2 Absorção da água pela raiz                             | 11          |
| 3.2.3 Relação entre o crescimento da planta e a água no solo | 12          |
| 3.3 ÁGUA NO SOLO   | 13          |
| 3.3.1 Classificação  | 13          |
| 3.3.2 Porosidade do solo                                     | 13          |
| 3.3.3 Umidade do solo  | 14          |
| 3.3.4 Capilaridade e adsorção                                | 14          |
| 3.3.5 Potencial total  | 15          |
| 3.3.6 Retenção da água no solo                               | 16          |
| <b>4 MATERIAIS E MÉTODOS</b>                                 | <b>18</b>   |
| 4.1 LOCAL DO EXPERIMENTO                                     | 18          |
| 4.2 OBTENÇÃO DAS MUDAS                                       | 22          |
| 4.3 MEDIÇÃO E COLETA DOS DADOS NO CAMPO                      | 22          |
| 4.3.1 Medição do crescimento da planta                       | 22          |
| 4.3.2 Coletas das amostras deformadas do solo                | 23          |

|  |           |
|--|-----------|
| 4.3.3 Coletas das amostras não deformadas do solo.....                                       | 23        |
| 4.4 ANÁLISE EM LABORATÓRIO.....  | 23        |
| 4.5 ANÁLISE DOS DADOS.....   | 24        |
| 4.5.1 O volume da copa.....  | 24        |
| 4.5.2 Velocidade e taxa do crescimento.....  | 24        |
| 4.5.3 A umidade gravimétrica.....  | 25        |
| 4.5.4 A massa específica do solo seco.....   | 25        |
| 4.5.5 A umidade volumétrica.....   | 25        |
| 4.5.6 Modelo SPLINTEX.....   | 26        |
| 4.5.7 A tensão da água no solo.....  | 27        |
| 4.5.8. Análise dos resultados obtidos.....   | 27        |
| <b>5 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>  | <b>28</b> |
| 5.1 CRESCIMENTO DA ERVA-MATE.....  | 28        |
| 5.1.1 Velocidade do crescimento.....   | 28        |
| 5.1.2 Taxa do crescimento.....   | 39        |
| 5.2 CONDIÇÕES HÍDRICAS NO SOLO.....  | 48        |
| 5.2.1 Análise granulométrica do solo.....  | 48        |
| 5.2.2. Massa específica do solo seco.....  | 50        |
| 5.2.3 Resultado do SPLINTEX.....   | 51        |
| 5.2.4. Variação anual das condições hídricas no solo.....                                    | 53        |
| 5.3 RELAÇÃO ENTRE O CRESCIMENTO DA ERVA-MATE E AS CONDIÇÕES HÍDRICAS NO SOLO.....            | 64        |
| 5.3.1 Relação entre a velocidade do crescimento da erva-mate e a umidade volumétrica.....    | 64        |
| 5.3.2 Relação entre a velocidade do crescimento da erva-mate e a tensão da água no solo..... | 69        |
| <b>6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....</b>   | <b>75</b> |
| 6.1 CONCLUSÕES.....  | 75        |
| 6.2 RECOMENDAÇÕES.....   | 76        |
| <b>7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>   | <b>77</b> |
| <b>8 ANEXOS.....</b>   | <b>87</b> |
| ANEXO 1 Equação de VAN GENUCHTEN (1980).....   | 87        |
| ANEXO 2 Dados das condições hídricas no solo.....  | 88        |
| ANEXO 3 Dados da precipitação diária na Estação Pinhais, operada pela SIMEPAR.....           | 95        |



## LISTA DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| 3.1 Área de distribuição natural da erva-mate.....   | 7  |
| 3.2 Regiões bioclimáticas.....   | 8  |
| 4.1 Localização da área de estudo.....   | 18 |
| 4.2 Área de estudo.....  | 20 |
| 4.3 Precipitação mensal na Estação Pinhais, operada pelo SIMEPAR.....  | 21 |
| 4.4 Temperatura média mensal na Estação Pinhais, operada pelo SIMEPAR.....   | 21 |
| 5.1 Relação entre a velocidade do crescimento em altura da planta (cm/ano) e a velocidade do crescimento em volume da copa (cm <sup>3</sup> /ano): (a) Ivaí; (b) Colombo; (c) Barão de Cotegipe; (d) Quedas do Iguaçu; (e) Cascavel; (f) Todas as plantas em conjunto..... | 36 |
| 5.2 Relação entre a velocidade do crescimento em altura da planta (cm/ano) e o diâmetro do fuste (mm): (a) Ivaí; (b) Colombo; (c) Barão de Cotegipe; (d) Quedas do Iguaçu; (e) Cascavel; (f) Todas as plantas em conjunto.....   | 37 |
| 5.3 Relação entre o diâmetro do fuste (mm) e a velocidade do crescimento em volume da copa (cm <sup>3</sup> /ano): (a) Ivaí; (b) Colombo; (c) Barão de Cotegipe; (d) Quedas do Iguaçu; (e) Cascavel; (f) Todas as plantas em conjunto.....                                 | 38 |
| 5.4 Relação entre a taxa do crescimento em altura da planta (1/ano) e a taxa do crescimento em volume da copa (1/ano): (a) Ivaí; (b) Colombo; (c) Barão de Cotegipe; (d) Quedas do Iguaçu; (e) Cascavel; (f) Todas as plantas em conjunto.....                             | 44 |
| 5.5 Relação entre a taxa do crescimento em altura da planta (1/ano) e do diâmetro do fuste (mm): (a) Ivaí; (b) Colombo; (c) Barão de Cotegipe; (d) Quedas do Iguaçu; (e) Cascavel; (f) Todas as plantas em conjunto.....   | 45 |
| 5.6 Relação entre a taxa do crescimento em volume da copa (1/ano) e do diâmetro do fuste (mm): (a) Ivaí; (b) Colombo; (c) Barão de Cotegipe; (d) Quedas do Iguaçu; (e) Cascavel; (f) Todas as plantas em conjunto.....   | 46 |
| 5.7 Variação temporal da tensão da água no solo; (a) Bloco 1; (b) Bloco 2; (c) Bloco 3; (d) Bloco 4; (e) Bloco 5; (f) Bloco 6; (g) Bloco 7; (h) Bloco 8; (i) Bloco 9.....  | 60 |

## LISTA DE TABELAS

|   |    |
|---|----|
| 3.1 Características das regiões bioclimáticas na área de ocorrência natural da erva-mate no Brasil (Figura 3.2).....          | 9  |
| 4.1 Descrição das mudas utilizadas.....   | 22 |
| 5.1 Valores da velocidade do crescimento em altura das plantas por progênes (cm/ano).....                                     | 29 |
| 5.2 Valores da velocidade do crescimento em volume da copa das plantas por progênes (cm <sup>3</sup> /ano).....               | 31 |
| 5.3 Valores do diâmetro do fuste das plantas em julho de 2000 por progênes (mm).....  | 33 |
| 5.4 Valores da velocidade do crescimento em altura das plantas por procedências (cm/ano).....                                 | 34 |
| 5.5 Valores da velocidade do crescimento em volume da copa das plantas por procedências (cm <sup>3</sup> /ano).....           | 35 |
| 5.6 Valores do diâmetro do fuste das plantas em julho de 2000 por procedências (mm).....                                      | 35 |
| 5.7 Análise da regressão múltipla da relação entre $Va$ , $Vv$ e $Df$ .....   | 39 |
| 5.8 Valores da taxa do crescimento em altura das plantas (1/ano) por progênes.....  | 40 |
| 5.9 Valores da taxa do crescimento em volume da copa das plantas (1/ano) por progênes.....                                    | 42 |
| 5.10 Valores da taxa do crescimento em altura das plantas (1/ano) por procedências.....                                       | 43 |
| 5.11 Valores da taxa do crescimento em volume da copa das plantas (1/ano) por procedências.....                               | 44 |
| 5.12 Análise da regressão múltipla da relação entre $Ta$ , $Tv$ e $Df$ .....  | 48 |
| 5.13 Resultados de análise granulométrica de cada bloquinho (%).....  | 49 |
| 5.14 Valores médios da massa específica de solo seco ( $\rho_{ss}$ ) (g/cm <sup>3</sup> ) para cada bloquinho.....            | 51 |
| 5.15 Valores dos parâmetros para equação de VAN GENUCHTEN (1980).....   | 52 |
| 5.16 A umidade gravimétrica (g/g) no período de 02/08/1999 até 31/07/2000 para cada bloquinho.....                            | 54 |
| 5.17 Umidade volumétrica (cm <sup>3</sup> /cm <sup>3</sup> ) no período de 02/08/1999 até 31/07/2000 para cada bloquinho..... | 56 |
| 5.18 Tensão da água no solo (cmH <sub>2</sub> O) no período de 02/08/1999 até 31/07/2000 para cada bloquinho.....             | 58 |

|      |   |    |
|------|---|----|
| 5.19 | Análise da regressão linear e do coeficiente de determinação da relação entre a velocidade do crescimento em altura da planta e a umidade volumétrica no nível de progênie..... | 65 |
| 5.20 | Análise da regressão linear e do coeficiente de determinação da relação entre a velocidade do crescimento em altura da planta e a umidade volumétrica em procedência.....       | 66 |
| 5.21 | Análise da regressão linear e do coeficiente de determinação da relação entre a velocidade do crescimento em volume da copa e a umidade volumétrica em progênie.....            | 67 |
| 5.22 | Análise da regressão linear e do coeficiente de determinação da relação entre a velocidade do crescimento em volume da copa e a umidade volumétrica em procedência.....         | 68 |
| 5.23 | Análise da Regressão linear e do coeficiente de determinação da relação entre a velocidade do crescimento em altura da planta e a tensão da água no solo em progênie.....       | 70 |
| 5.24 | Análise da regressão linear e do coeficiente de determinação da relação entre a velocidade do crescimento em altura da planta e a tensão da água no solo em procedência.....    | 71 |
| 5.25 | Análise da regressão linear e do coeficiente de determinação da relação entre a velocidade do crescimento em volume da copa e a tensão da água no solo em progênie.....         | 72 |
| 5.26 | Análise da regressão linear e do coeficiente de determinação da relação entre a velocidade do crescimento em volume da copa e a tensão da água no solo em procedência.....      | 73 |
| A2.1 | Dados da umidade gravimétrica (g/g).....  | 88 |
| A2.2 | Dados da umidade volumétrica (cm <sup>3</sup> /cm <sup>3</sup> ).....   | 90 |
| A2.3 | Dados da tensão da água no solo (cm H <sub>2</sub> O).....  | 92 |
| A3.1 | Dados da precipitação diária na Estação Pinhais, operada pela SIMEPAR.....  | 95 |

## RESUMO

### **AVALIAÇÃO DO DESENVOLVIMENTO MORFOLÓGICO DE DIFERENTES PROGÊNIES DE ERVA-MATE (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) EM CONDIÇÕES DE CAMPO**

Foi observado o desenvolvimento morfológico de diferentes progênies da erva-mate comparado às condições hídricas do solo a campo. Os dados da umidade gravimétrica obtidos pelo monitoramento foram transformados para umidade volumétrica ( $\theta$ ). Os valores de  $\theta$  foram transformados para tensão da água no solo ( $|\psi|$ ) utilizando-se a equação de VAN GENUCHTEN (1980). O crescimento da planta foi avaliado em cinco fatores: a velocidade do crescimento em volume da copa ( $V_v$ ), a velocidade do crescimento em altura da planta ( $V_a$ ), a taxa do crescimento em volume da copa ( $T_v$ ), a taxa do crescimento em altura da planta ( $T_a$ ) e o diâmetro do fuste ( $D_f$ ). Encontrou-se uma alta correlação entre  $D_f$  e  $V_v$  comparada com as outras relações a nível de procedência no crescimento da erva-mate. Para todas as plantas em conjunto, obteve-se dois tipos de regressão múltipla:  $V_v = 2173,84 \cdot V_a + 11410,46 \cdot D_f - 125771,05$  ( $R^2 = 0,576$ ) e  $T_v = 98,16 \cdot T_a + 1,53 D_f - 68,848$  ( $R^2 = 0,122$ ). Os valores médios do coeficiente de determinação a nível de progênies para relações entre  $V_a$  e  $\theta$ ,  $V_v$  e  $\theta$ ,  $V_a$  e  $|\psi|$ , e  $V_v$  e  $|\psi|$  foram 0,1418, 0,1564, 0,1260 e 0,1437, respectivamente. Entretanto, a nível de procedências, as médias das mesmas foram 0,0022, 0,0257, 0,0114 e 0,0073, respectivamente. Além disso, tratando-se de todas as plantas em conjunto, as médias para a relação entre  $V_a$  e  $\theta$ ,  $V_v$  e  $\theta$ ,  $V_a$  e  $|\psi|$ , e  $V_v$  e  $|\psi|$  foram 0,000009, 0,0211, 0,0003, e 0,0001, respectivamente. Apesar dos resultados estatísticos não permitirem afirmar a existência de influência da tensão da água do solo sobre o crescimento em altura da planta e o crescimento em volume da copa, as correlações entre  $V_a$  e  $|\psi|$ , e entre  $V_v$  e  $|\psi|$  são crescentes no sentido de todas as plantas em conjunto para procedências, e para progênies. Isso implica na existência do efeito genético, ou seja quanto maior o grau de parentesco entre plantas, observa-se menor variação das características fisiológicas.

## ABSTRACT

### EVALUATION OF MORPHOLOGICAL DEVELOPMENT OF THE DIFFERENT PROGENY ERVA-MATE (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) IN FIELD CONDITION

The morphological development of the different progeny erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) with soil-water conditions was evaluated through a field observation. The gravimetric moisture data obtained by monitoring was transformed to water content ( $\theta$ ). The valor of  $\theta$  was transformed to the water tension ( $|\psi|$ ) with the VAN GENUCHTEN (1980) equation. The plant growth was evaluated with five factors: the growth velocity of canopy volume ( $V_v$ ), the growth velocity of plant height ( $V_a$ ), the growth ratio of canopy volume ( $T_v$ ), the growth ratio of plant height ( $T_a$ ) e the bottom diameter ( $D_f$ ). There was a high correlation between  $D_f$  and  $V_v$  compared with the other relations in the procedence level. Considering all the plants, the multiple regression was obtained for two type of relations:  $V_v = 2173.84 \cdot V_a + 11410.46 \cdot D_f - 125771.05$  ( $R^2 = 0.576$ ) and  $T_v = 98.16 T_a + 1.53 D_f - 68.848$  ( $R^2 = 0.122$ ). The mean values of the coefficient of determination in the progeny level for relationship between  $V_a$  and  $\theta$ ;  $V_v$  and  $\theta$ ;  $V_a$  and  $|\psi|$ ; and  $V_v$  and  $|\psi|$  were 0.1418, 0.1564, 0.1260 and 0.1437, respectively. For the procedence level, the mean values of the coefficient of determination for relationship between  $V_a$  and  $\theta$ ;  $V_v$  and  $\theta$ ;  $V_a$  and  $|\psi|$ ; and  $V_v$  and  $|\psi|$  were 0.0022, 0.0257, 0.0114 and 0.0073, respectively. Furthermore, for all of the plants, the mean values of the coefficient of determination for relationship between  $V_a$  and  $\theta$ ;  $V_v$  and  $\theta$ ;  $V_a$  and  $|\psi|$ ; and  $V_v$  and  $|\psi|$  were 0.000009, 0.0211, 0.0003, and 0.0001, respectively. Even if the statistical results do not permit to confirm the existence of influence of the soil water tension on the growth in height and in canopy volume, the relationships between  $V_a$  and  $|\psi|$  and between  $V_v$  and  $|\psi|$  are increasing in the sense from all the plants to procedence level, and to progeny level. It implies the existence of genetic effect. In other words, the higher degree of parents among the plants, the less variation of physiological characteristics.

## 1 INTRODUÇÃO

A exploração da erva-mate vem sendo realizada devido ao seu consumo tradicional para o chimarrão por muitos habitantes da região Sul do Brasil, e também para o chá. A erva-mate é um produto natural com grande importância econômica nos países do MERCOSUL. Talvez não exista nenhum outro produto que seja tão característico e comum a todos os países do MERCOSUL.

Desde a descoberta da erva-mate, sua exploração foi extrativista utilizando-se a poda como forma de extração das ervas nativas em pequena escala nas matas naturais. No caso do Estado do Paraná, a área da erva nativa é de 258.107 ha e a implantada é de 24.790 ha (SEAB, 1997). A área cultivada é relativamente pequena, sendo que ainda hoje aproximadamente 90% da erva-mate consumida é extraída das matas naturais. Para atender a demanda atual da erva-mate, a produção extrativista vem aumentando nos últimos anos. Este fato resultou na grave degradação das ervas nativas.

Para diminuir o grau de degradação e recuperar áreas já devastadas é importante iniciar a gestão dos recursos naturais na região Sul do país (KOBAYAMA, 1997). Como a erva-mate é uma planta nativa da região Sul do Brasil e também resistente a solos com baixo teor de fertilidade, a utilização da mesma no reflorestamento é adequada pois não prejudica a paisagem e o ecossistema da região. Dessa maneira, pode-se concluir que a erva-mate é uma planta de importância social, econômica e ambiental.

No caso da exploração, o que interessa ao ervateiro é a qualidade e a quantidade de erva a ser colhida por hectare. Para aumentar a produtividade, é necessário cultivar determinadas procedências ou progênies que apresentem elevado potencial produtivo. Este potencial pode ser avaliado por meio do volume da copa e da altura de cada planta.

A sociedade, recentemente, está tendo um maior interesse no aumento da área cultivada com erva-mate e seu conseqüente aumento da produção. Para realizar isso, as pesquisas científicas são indispensáveis. WINGE et al. (1995) sugere que devem ser pesquisados: consórcios naturais da erva-mate com as outras espécies vegetais e seus complexos, espaçamento, adubação, tecnologia (manejo), genética, e composição química da folha.

Embora haja inúmeras pesquisas que deverão ser feitas com a erva-mate, estudos que analisam o desenvolvimento morfológico da planta e que o relacionam com as condições

hídricas do solo podem ser relevantes. Nota-se a grande falta destes estudos, especialmente em condição de campo.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GERAL**

O objetivo desta pesquisa foi avaliar o desenvolvimento morfológico de diferentes progênies da erva-mate com as condições hídricas do solo à campo.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Determinar os valores da velocidade e da taxa de desenvolvimento da erva-mate em termos de altura da planta e volume da copa;
- Estudar a morfometria da planta através de correlação entre a altura, o volume da copa e o diâmetro do fuste.
- Determinar os valores da umidade gravimétrica e volumétrica do solo, e da tensão superficial da água no solo e analisar suas variações durante o ano;
- Relacionar o desenvolvimento morfométrico da planta com as condições hídricas do solo.



### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 ERVA-MATE

##### 3.1.1 Considerações gerais

A erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.) pertencente à família aquifoliaceae, foi estudada e classificada primeiro pelo naturalista francês Augusto de Saint Hilaire em 1822, que coletou as amostras nas proximidades de Curitiba (GORNISKI, 1998). Por esta razão, a planta é considerada nativa do Paraná.

Ela é uma espécie umbrófila e seletiva higrófila. Cresce preferencialmente nas associações mais evoluídas das Araucárias (*Araucaria angustifolia*), onde predominam nees (*Ocotea porosa*), imbuia (L. Barroso) sapopema (*Sloanea lasiocoma* K. Schum.), sendo menos freqüente nas associações caracterizadas pela canela-lageana (*Ocotea pulchella* Mart.) (EDWIN & REITZ, 1967).

Uma planta de erva-mate, normalmente, tem mais de 50 anos de vida produtiva. Para o seu bom aproveitamento nunca deve-se cortar todos os galhos, sendo recomendado podar duas partes da copa e deixar uma para que a árvore continue a viver (ORREDA 1968). Contudo, nas últimas décadas, houve uma maior preocupação na obtenção desta matéria-prima pelo aumento crescente da demanda.

Um dos importantes parâmetros químicos da erva-mate para obter seu melhor sabor é a saponina. Segundo SCHENKEL *et al.* (1995) que revisaram os estudos sobre saponinas em espécies do gênero *Ilex*, as saponinas são substâncias glicosídicas com a propriedade de, em soluções aquosas, provocar a formação de espumas como sabões. Analisando as saponinas em erva-mate, GOSMANN *et al.* (1989, 1995), RICCO *et al.* (1995), KRAEMER *et al.* (1996), PIRES *et al.* (1997), FERREIRA *et al.* (1997) entre outros, mostraram que ocorrem baixos teores de saponinas na erva-mate.

Pelo interesse sobre o sabor do produto final da erva-mate, por exemplo o chimarrão e o chá, a cafeína também foi analisada (VAZQUEZ & MOYNA, 1986; ASHIHARA, 1993; MAZZAFERA, 1997). Segundo PIZARRO *et al.* (1994), a erva-mate tanto como o chá preto e o oregano (*Origanum vulgare*) possui alto teor de tanino.

Os estudos dos minerais e nutrientes das folhas da erva-mate são poucos. REISSMANN *et al.* (1985) avaliaram a relação entre macronutrientes da erva e a época da colheita, concluindo que há uma relação entre o crescimento e os macronutrientes das folhas. O teor dos minerais das folhas comercializadas da erva-mate foi analisado por GARCIA *et al.* (1997) observando que as folhas de maior valor comercial possuem maiores teores de Fe e Ca do que aquelas de menor valor.

A erva-mate prefere os solos equilibrados em areia, silte e argila. A sua presença é mais freqüente em solos de texturas médias entre 15% e 35% de argila. Em solos constituídos por areias quartzosas, possuindo teor de argila abaixo de 15%, a planta raramente é encontrada. Entretanto, a sua presença é mais freqüente em solos com baixo teor de nutrientes renováveis e alumínio, ocorrendo nas várias texturas de solos, tolerando solos de baixa fertilidade. A vegetação tem relação com a umidade do solo, e prefere solos mais permeáveis (MAZUCHOWSKI, 1998). Na região produtora tradicional localizada no Paraná verifica-se um alto índice de umidade do solo, fato que favorece um melhor rendimento dos ervais (FILHO, 1948).

KRICUN (1983) comenta que o rendimento da erva-mate está relacionado com a disponibilidade de nitrogênio no solo, mais do que dos elementos fósforo e potássio.

Segundo MAZUCHOWSKI (1989), o rendimento da erva-mate varia conforme o solo, a região, a idade da planta e, principalmente, conforme a tecnologia de manejo do erval. O mesmo autor menciona a necessidade de irrigação para as mudas no caso da estiagem. (EMBRAPA-CNPQ, 1985; WINGE, 1995).

A respeito da relação da erva-mate com a fotossíntese, GALVÃO (1986) e GALVÃO & INOUE (1987) realizaram dois estudos que foram feitos em condições controladas. Segundo os autores, a erva-mate demonstrou nítida variação sazonal da fotossíntese. A produção fotossintética foi distribuída em 47% no verão, 23% no outono, 20% na primavera e 10% no inverno.

### 3.1.2 Características morfológicas da erva-mate

A altura da erva-mate é variável, dependendo da idade, da natureza do solo e das condições climáticas. Quando cresce livremente em solo fértil, normalmente atinge sua altura até 10 m. Por causa da poda e também de fatores ambientais, geralmente não passa de 6 m. Seu caule é curto, com 20 a 25 cm de diâmetro, podendo atingir até 40 cm (FILHO, 1948). Para GORNISKI (1998), a altura da planta normalmente não passa de 7 m, podendo chegar até 15 m, o diâmetro do caule varia entre 20 e 25 cm atingindo no máximo 50 cm.

O tipo das folhas é sucoriáceo até coriáceas (BALDO, 1999). Entretanto, segundo FILHO (1948), as folhas são coriáceas com nervuras salientes e dispostas segundo o tipo penínervio. As folhas médias medem de 8 cm a 10 cm de comprimento e 3 cm a 4 cm de largura. São colocadas de forma alternada nos ramos, sendo suas bordas providas de pequenos dentes, visíveis principalmente da metade do limbo para a extremidade. O pecíolo tem cerca de 1 cm, mostrando-se bastante torcido.

### 3.1.3 Área de distribuição da erva-mate

O gênero *Ilex* possui aproximadamente 705 espécies espalhadas pelo mundo. O maior número de espécies do gênero encontra-se na China, que contém 210 espécies. Os números de espécies para alguns países da América Latina também são significativos, e pode-se encontrar: 5 espécie na Argentina, 19 na Bolívia, 68 no Brasil, 34 na Colômbia, 7 no Equador, 17 na Guiana, 6 no Paraguai, 30 no Peru, 1 no Uruguai, e 64 na Venezuela (GIBERTI, 1995).

A ocorrência da erva-mate abrange apenas 5% do território brasileiro ou 3% da América do Sul (OLIVEIRA & ROTTA, 1985), e localiza-se entre as latitudes de 21°S e 30°S e longitudes de 48°30'W e 56°10'W (MAZUCHOWSKI, 1988) com altitude entre 500 e 1000 m (GORNISKI, 1998). A Figura 3.1 apresenta a ocorrência natural da erva-mate na América do Sul.

A erva-mate ocorre em regiões subtropicais e temperadas na América do Sul. A área de dispersão no Brasil inclui a região centro-norte do Rio Grande do Sul, quase toda a região de Santa Catarina, centro-sul e sudoeste do Paraná, sul de Mato Grosso do Sul e alguns lugares em São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais. Particularmente ocorre com frequência

na Mata de Araucária nos Estados do sul do país. A espécie pode ocorrer, não obstante, em pontos isolados, fora destes limites (GORNISKI,1998).

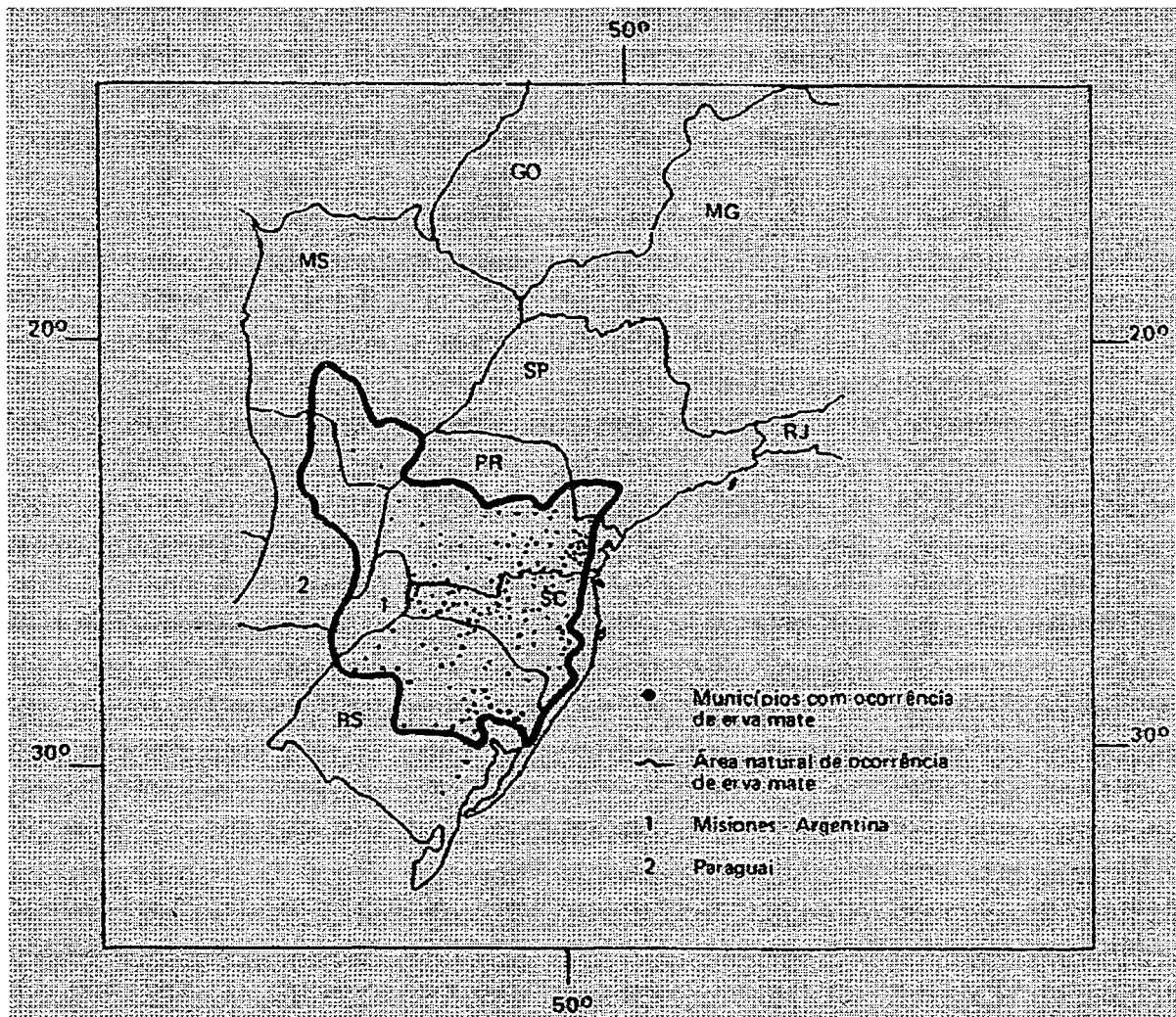


Figura 3.1 Área de distribuição natural da erva-mate (Fonte: EMBRAPA-CNPQ,1983)

A erva-mate é uma planta de clima temperado e temperado quente, com chuvas anuais variáveis de 1000 mm a 2000 mm. As chuvas são escassas durante o inverno no clima propício à erva-mate, entretanto, onde vegeta, a precipitação é razoavelmente equilibrada durante todo ano. A temperatura média anual não atinge 17°C em estado silvestre ao passo que na região sub-tropical, atinge aproximadamente 21°C (FILHO, 1948).

Os tipos climáticos da área de ocorrência da erva-mate são, segundo a classificação de KÖEPPEN, classificados como Cfb e Cfa. Há pequenas áreas de ocorrência com os tipos climáticos Cwa e Aw (MAZUCHOWSKI,1989). Segundo MAACK (1968), a área climática

Cfb do Estado do Paraná coincide com os campos limpos, linhas de Mata de Araucária, capões e matas ciliares de córregos e rios, e matas de declive das escarpas, bem como matas secundárias da região das Araucárias do primeiro e segundo planaltos.

Segundo a classificação bioclimática do GOLFARI (1971), a área de distribuição da erva-mate é predominante nas regiões bioclimáticas 1 e 2 da Figura 3.2.

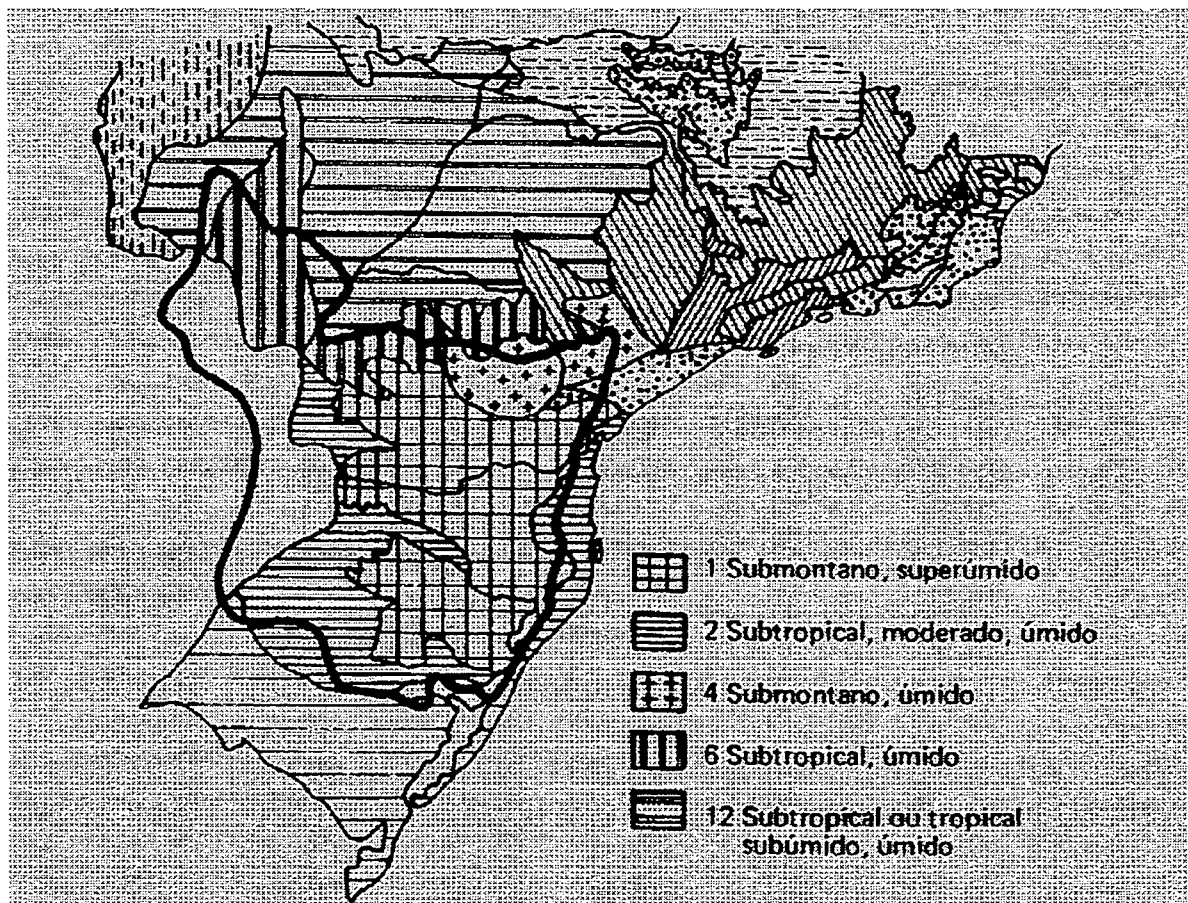


Figura 3.2 Regiões bioclimáticas (Fonte: GOLFARI, 1971)

As regiões bioclimáticas mostradas na Figura 3.2 e na Tabela 3.1 caracterizam-se pela frequência regular de chuvas. A precipitação média anual varia de 1250 mm a 2500 mm e não há deficiência hídrica. As temperaturas médias anuais variam de 12°C a 24°C. Nas regiões 4, 6 e 12, o clima é seco no inverno portanto ocorre pequena deficiência hídrica.

Tabela 3.1 Características das regiões bioclimáticas na área de ocorrência natural da erva-mate no Brasil (Figura 3.2)

| Região | Altitude (m) | Temperatura média anual (°C) | Geadas                   | Precipitação média anual (mm) | Regime de precipitação     | Deficiência hídrica |
|--------|--------------|------------------------------|--------------------------|-------------------------------|----------------------------|---------------------|
| 1      | 500-1500     | 12-18                        | Frequente no inverno     | 1250-2500                     | Uniformemente distribuídas | Nula                |
| 2      | 0-500        | 18-21                        | Raras ou pouco frequente | 1250-2000                     | Uniformemente distribuídas | Nula                |
| 4      | 600-1100     | 16-19                        | Pouco frequente          | 1100-1400                     | Uniformemente distribuídas | Nula                |
| 6      | 300-600      | 19-23                        | Raras                    | 1300-1600                     | Periódicas                 | Pequena no inverno  |
| 12     | 250-500      | 21-24                        | Raras                    | 1100-1500                     | Periódicas                 | Moderada no inverno |

(Fonte: GOLFARI, 1971).

### 3.2 FISILOGIA VEGETAL

O desenvolvimento das plantas é influenciado por fatores ambientais e fatores genéticos por meio de processos fisiológicos. (KRAMER, 1995).

Quando aumenta a concentração do CO<sub>2</sub> no ar, o estômato da folha começa a fechar e aumenta a resistência da mesma à transpiração. Este fato diminui a taxa de transpiração, conseqüentemente, aumenta a eficiência do uso da água. LAWLOR (1995) mostrou que o estresse hídrico reduz a taxa de assimilação de CO<sub>2</sub>. WITTWER (1994) comenta que o estresse hídrico é o fator mais limitante para a produtividade das plantas. Em outras palavras, seu desenvolvimento é limitado pelo excesso e escassez da água. (KOZLOWSKI, 1968). Segundo KUDREV (1994), a água constitui a exigência básica para a sobrevivência da planta assim como, as proteínas e os ácidos nucleicos são essenciais. Cerca de 5% da quantidade total da água na planta é utilizada no metabolismo dos processos de transpiração. RICHARDS & WADLEIGH (1952) observaram que a umidade do solo limitou consideravelmente o crescimento, antes de chegar ao ponto de murcha permanente.

Segundo MOTTA (1983), as deficiências de água na planta exercem um acentuado efeito sobre o nível de atividade fotossintética, pois o protoplasma desidratado diminui sua capacidade fotossintética. De modo geral, a fotossíntese diminui consideravelmente depois de

uma redução de aproximadamente 30% da água contida nas folhas, e usualmente cessa quando a perda atinge 60%.

Segundo KUDREV (1994), o déficit de água impede o transporte de  $\text{CO}_2$  para os cloroplastos. O fechamento dos estômatos faz aumentar a resistência a difusões, e prejudica o intercâmbio gasoso e o fornecimento de dióxido de carbono para a planta. Além disso, a resistência interna das células do mesófilo contribui para a redução do fluxo de  $\text{CO}_2$  para os cloroplastos.

Quando a umidade do solo diminui, a tensão da água no solo aumenta. Porém, quando a tensão da água das raízes permanece maior do que aquela do solo, a água se movimenta do solo para raízes. Quando as raízes absorvem a água do solo, a tensão na zona de contato aumenta e tende a ser igual a tensão das raízes. Neste caso, ocorre um gradiente e a água move-se do solo mais distante para o solo em contato direto com as raízes. Se não houvesse este gradiente, o fluxo da água para raízes não continuaria. (CAMPBELL, 1985).

O mecanismo de entrada da água no interior da planta é governado pela distribuição do potencial no sistema solo-planta-atmosfera. A água sempre flui no sentido decrescente do potencial. Neste sentido, para o desenvolvimento das plantas, o potencial da água do solo é mais importante do que a umidade do solo (REICHARDT, 1996). O potencial da água do solo adequado para a absorção da água pelas plantas é - 0,03 a - 1,5 MPa (SHIMIZU, 1996).

### 3.2.1 Crescimento da planta

O crescimento das plantas é feito com o aumento do número de células. Segundo KRAMER e KOZLOWSKI (1960), o crescimento é o resultado final da interação de diversos processos fisiológicos, sendo que todos os processos do metabolismo atuam no crescimento (KRAMER, 1995). Portanto, é necessário entender como os fatores ambientais influenciam os processos biológicos que controlam o crescimento.

O crescimento das árvores envolve processos complexos bioquímicos que ocorrem simultaneamente. A velocidade desses processos individuais varia com o tempo, com o resultado dessas variações e do meio-ambiente, e periodicidade manifesta do crescimento diurno, sazonal e do período de vida das árvores (KRAMER & KOZLOWSKI, 1960).

O crescimento das árvores é mais rápido na sua juventude, tornando-se mais lento com aumento da idade. O crescimento em altura e em diâmetro das árvores começa e termina em

tempos diferentes. O crescimento em diâmetro normalmente continua até mais tarde no verão do que o em altura (KRAMER & KOZLOWSKI, 1960). TAGUCHI (1980) teve diferente observação onde a maioria das árvores começa a crescer na primavera e termina o seu crescimento entre primavera e verão.

Na atividade florestal, o crescimento da árvore em relação ao volume é geralmente considerado como o fator mais importante de incremento devido ao interesse comercial (BAKER, 1953). Para medir o crescimento das árvores, existem dois métodos principais: (1) medição de recorde passado de cada árvore para obter o dado desejado; (2) re-medição periódica de uma série de árvores de comprimento adequado para obter o dado desejado (BICKFORD, 1962).

O crescimento da árvore em relação ao diâmetro e a altura resulta da combinação da hereditariedade da árvore com o ambiente (BICKFORD, 1962). Entretanto, as interações entre fatores genéticos e ambientais não são iguais para todas as plantas individuais de uma espécie. Todos os fatores ambientais influenciam no crescimento (CALLAHAM, 1962).

TAGUCHI (1980) comenta que existe uma correlação entre a altura, o diâmetro das plantas e volume. Porém, devido à dificuldade de realizar medição do volume, utiliza-se o valor da matéria seca para estimar o mesmo.

### 3.2.2 Absorção da água pela raiz

As plantas absorvem a água pelas raízes, e a absorção da água é uma parte dos processos solo-planta-atmosfera (KUDREV, 1994). Em condições favoráveis, a absorção da água pelas plantas pode chegar a 6 mm por dia ou 60.000 litros por hectares durante o verão. Segundo LOPUSHINSKY (1975), uma árvore usa de 300 kg a 500 kg de água para cada quilograma de matéria seca produzida.

A absorção da água pelas raízes ocorre por gradiente decrescente do potencial da água no solo (KRAMER, 1995). KRAMER & KOZLOWSKI (1960) explicaram dois diferentes mecanismos para esta absorção: (1) absorção osmótica que ocorre apenas em plantas que estão transpirando com baixa velocidade; e (2) absorção passiva que ocorre em planta que está transpirando rapidamente. Em solo úmido a absorção osmótica ocorre de noite até a madrugada. Entretanto, durante o dia a transpiração aumenta, o que resulta na absorção pelos mecanismos passivo e osmótico (KRAMER, 1995).



Segundo LOPUSHINSKY (1975), os fatores do solo que afetam a absorção são a tensão da água, a temperatura, a concentração da solução e a aeração. Além disso, o tamanho das raízes e a distribuição do sistema radicular também influenciam a absorção.

### 3.2.3 Relação entre o crescimento da planta e a água no solo

Segundo KUDREV (1994), o déficit da água altera os teores de nitrogênio, carboidratos, vitaminas, lipídios, entre outros. Isto implica que a transpiração, a fotossíntese e a qualidade da folha e do fruto sempre possuem uma relação. Portanto, é evidente que a umidade do solo é um fator limitante, devido a seu efeito no balanço interno de água da planta e altera os processos que controlam o crescimento (KRAMER & KOSLOWSKI, 1960).

Pesquisando o pêssego, FRITTS (1958) descobriu alta correlação entre a variação na umidade do solo e o crescimento do diâmetro da árvore. A correlação foi maior no final do verão quando a umidade do solo muitas vezes ficou baixa.

Para qualquer discussão sobre a relação entre a água no solo e o crescimento da planta, KRAMER & KOSLOWSKI (1960) enfatizaram que o crescimento não é controlado diretamente pelo estresse e nem pelo potencial da água no solo, mas sim pelo balanço hídrico na planta. Em geral, a deficiência hídrica no solo influencia o crescimento do diâmetro da planta mais do que sua altura. Ocorre a mesma tendência com relação à fotossíntese. (KRAMER & KOSLOWSKI, 1960).

Alguns estudos foram feitos para verificar a correlação entre o crescimento da planta e a chuva. KRAMER & KOSLOWSKI (1960) mostraram que o crescimento em altura normalmente possui maior correlação com a chuva do ano anterior do que com a chuva do ano atual. De acordo com HUSTICH (1948), o crescimento em altura é relacionado com o clima do ano anterior em áreas onde a umidade do solo é elevada na primavera. Mas, quando ocorre pouca chuva na primavera, o crescimento das plantas possui maior correlação com a chuva atual. Segundo TRYON et al. (1957), o crescimento em altura da papoula amarela foi correlacionado com a chuva de maio e junho, mas a correlação entre o crescimento em diâmetro e a chuva não foi semelhante àquela entre o crescimento em altura e a chuva.

Dessa forma, pode-se dizer que o crescimento em diâmetro da planta é mais sensível à chuva anual do que o crescimento em altura.

### 3.3 ÁGUA NO SOLO

#### 3.3.1 Classificação

Em regiões de clima temperado cerca de 75% de toda a precipitação infiltra na superfície do solo, denominada como “água no solo” (HEWLETT, 1982). A água que fica abaixo da superfície denomina-se também água subsuperficial. A água subsuperficial pode ser classificada em dois tipos: (1) água subterrânea, que fica abaixo do lençol freático; e (2) água no solo, que fica acima do lençol (KAYANE, 1980). ROGE (1963) classificou a água do solo em aquíferos confinados e não confinados. A água não confinada, segundo KAYANE (1980), pode ser classificada em água suspensa e água gravitacional.

Segundo CAICEDO (1993), os poros do solo foram uma região denominada zona de aeração, sendo os mesmos ocupados com ar e água na parte acima do lençol freático. A parte abaixo do lençol denomina-se zona de saturação, pois todo o espaço poroso encontra-se completamente ocupado pela água.

Segundo REICHARDT (1978), a água do solo foi tradicionalmente classificada, de uma forma empírica e qualitativa, como água gravitacional, capilar e higroscópica. A água gravitacional corresponde à fração da água no solo que fica livre quando o solo está próximo da saturação, isto é sob potenciais de pressão próximos aos das águas puras e livres mostrando os valores entre 0 e  $-1/3$  atm. A água que se move na influência gravitacional não é disponível às plantas. A água capilar é a água retida do solo entre a capacidade do campo e o potencial do ponto higroscópico, cerca de  $-30$  atm. A água higroscópica é retida a um potencial entre  $-30$  e  $-10.000$  atm, sendo completamente indisponível às plantas.

No ponto de vista químico, a água subsuperficial geralmente não é a água pura como  $H_2O$ , mas é uma solução que inclui substâncias orgânicas e minerais (HILLEL, 1972).

Considerando os conceitos acima mencionados, o presente trabalho usa o termo “água no solo” para tratar a solução em qualquer ponto abaixo da superfície do solo.

#### 3.3.2 Porosidade do solo

A fração volumétrica total dos poros é chamada porosidade total ( $\alpha_1$ ), sendo uma das mais importantes propriedades dos solos (PREVEDELLO, 1996). Geralmente seu valor varia

entre 30% e 60% (HILLEL, 1972). A  $\alpha_1$  fica maior em solo argiloso e menor em solo arenoso (KAYANE, 1980). O tamanho do poro determina como a água o ocupa em uma condição hídrica (HARTGE, 1978). Portanto, para melhorar a qualidade e aumentar a quantidade de produtos agrícolas, tem sido alterada a estrutura e a porosidade do solo pela aração e melhoramento do solo (BAEUMER, 1971). KRAMER (1995) comenta que o aumento da  $\alpha_1$  melhora a infiltração da água e a aeração, reduzindo a frequência do escoamento e a erosão superficial durante fortes eventos da chuva.

Os poros são classificados em duas categorias: (1) microporos e (2) macroporos. O microporo é poro que contém diâmetro menor que 30  $\mu\text{m}$  ou 60  $\mu\text{m}$ . O espaço de macroporos é a fração de volume do solo onde a água é drenada pela gravidade, provendo importante espaço de ar e conseqüentemente gerando uma boa aeração (KRAMER, 1995).

### 3.3.3 Umidade do solo

A umidade do solo normalmente é determinada através do método padrão em estufa, a 105°C a 110 °C por 24 a 48 horas (HEWLETT, 1982). A umidade do solo pode ser expressa em umidade gravimétrica ( $u$ ) e umidade volumétrica ( $\theta$ ).

A  $u$  é a relação entre a massa da água e a massa das partículas sólidas do solo, tendo sua unidade de kg/kg ou g/g ou %. A  $\theta$  é geralmente calculada na base de volume total do solo, sendo em  $\text{m}^3/\text{m}^3$  ou  $\text{cm}^3/\text{cm}^3$  ou %. Em solo arenoso, o valor de  $\theta$  é de 40 a 50% e no solo argiloso fica entre 60 e 70%. O grau de saturação é a relação entre o volume de água existente e a porosidade total no solo ( $\alpha_1$ ), variando de zero no solo perfeitamente seco até 100% no solo saturado (HILLEL, 1972).

### 3.3.4 Capilaridade e adsorção

A capilaridade resulta da tensão superficial da água e do ângulo de contato com as partículas do solo. A água forma um menisco côncavo no tubo capilar. O valor do ângulo do menisco fica maior a medida que o diâmetro de tubo fica menor. A formação do menisco resulta na diferença das pressões na superfície do líquido e no ar. A pressão no menisco fica menor do que a pressão atmosférica (HILLEL, 1972).

Quando o potencial da água diminui até  $-10^3$  a  $-10^4$  J/kg, a água fica absorvida pela superfície das partículas sem ficar retida nos poros das mesmas (CAMPBELL, 1985). A adsorção resulta na diferença de atração ou repulsão que ocorre entre as moléculas de fases diferenciais na superfície, sendo normalmente um fenômeno eletrostático natural. KLUTE (1986) explicou que a adsorção da água é o fenômeno gerado pela forte retenção da água no solo argiloso em condições de altíssima sucção.

### 3.3.5 Potencial total

A vantagem principal do conceito de potencial total é que pode-se avaliar o estado da água em quaisquer pontos no sistema solo-planta-atmosfera.

O potencial total é definido pela diferença de energia arbitrária da molécula entre a água no estado padrão e a água superficial. O potencial total é a soma do potencial gravitacional, potencial mátrico e potencial osmótico na planta (KLUTE, 1986), e é representado com a seguinte equação:

$$\psi = \psi_g + \psi_m + \psi_o \quad (3.1)$$

onde  $\psi$  é o potencial total;  $\psi_g$  é o potencial gravitacional;  $\psi_m$  é o potencial mátrico;  $\psi_o$  é o potencial osmótico.

O potencial gravitacional é independente da condição química e da pressão da água no solo. O potencial mátrico é o componente mais importante no sistema, e resulta da pressão da água nos poros. Quando a pressão da água no solo é maior do que a atmosférica, o sentido do potencial de pressão é positivo, e quando a mesma é menor, o sentido é negativo. Portanto, os valores de tensão da água no solo saturado são positivos e os valores da pressão mátrica para solo não saturado são negativos. A tensão (ou sucção) é o número absoluto da pressão mátrica negativa. O termo “sucção” é usado para o potencial capilar, pressão capilar, pressão mátrica, tensão, potencial mátrico, ou potencial de pressão (KLUTE, 1986).

KLUTE (1986) explicou que o efeito osmótico é importante na interação entre as raízes e o solo, através da membrana celular da planta e do processo relativo de difusão do vapor da mesma. Entretanto, normalmente não é necessário ser considerado no estudo sobre fluxos da água no solo.

O potencial da água no solo pode ser expresso em várias unidades, tais como: energia por unidade de massa, energia por unidade de volume e energia por unidade de peso. A

energia por unidade de volume é dimensionalmente equivalente à pressão. A energia por unidade de peso tem a dimensão do comprimento (KLUTE, 1986).

### 3.3.6 Retenção da água no solo

A relação entre a umidade volumétrica e a tensão da água no solo é uma parte fundamental das propriedades hidráulicas do solo e é expressa pela função  $\theta(\psi)$  (KOBIYAMA et al, 1998). Segundo PAVLAKIS & BARDEN<sup>1</sup> citado por KLUTE (1968), esta relação denomina-se função de retenção da água ou curva característica da água no solo.

Segundo REEVE ET et al.<sup>2</sup> citado por KLUTE (1968), a retenção da água depende da textura e da estrutura do solo. A quantidade de matéria orgânica e a composição química da solução do solo também influenciam na curva de retenção. Nos solos argilosos, a composição e a concentração da solução do solo afetam a quantidade da água retida (EL-SWAIFY & HENDERSON<sup>3</sup> citado por KLUTE, 1968).

Desprezando o efeito de histerese, diversas equações que expressam a curva de retenção foram propostas até hoje. BROOKS & COREY (1964) mostraram a relação entre uma função adimensional da umidade relativa  $S_e$  e a tensão da água no solo  $|\psi|$  (cm), com a seguinte equação:

$$S_e = \left( \frac{\psi_b}{\psi} \right)^\lambda \quad (|\psi| \geq |\psi_b|) \quad (3.1)$$

$$S_e = \frac{(\theta - \theta_r)}{(\theta_s - \theta_r)} \quad (3.2)$$

onde  $\theta_s$  é a umidade saturada ou a porosidade total ( $\text{cm}^3/\text{cm}^3$ );  $\theta_r$  é a umidade residual ( $\text{cm}^3/\text{cm}^3$ );  $\psi_b$  é pressão de borbulhamento (crítica) (cm);  $\lambda$  é um parâmetro característico do solo.

<sup>1</sup> PAVLAKIS, G. & BARDEN, L. Hysteresis in the moisture characteristics of clay soil. J. Soil Sci. v.23. p350-361, 1972.

<sup>2</sup> REEVE, M. J. P. D. et al. The effect of density on water retention properties of field soils. J. Soil. Sci. v.24: p355-367, 1973.

<sup>3</sup> EL-SWAIFY, S. A. & HENDERSON, D. W. Water retention by osmotic swelling of certain colloidal clays with varying ionic composition. J. Soil. Sci. v.18: p223-232, 1967.

BROOKS & COREY (1964), experimentalmente, demonstraram que o ar entrou no solo saturado na condição de pressão de borbulhamento. Conclui-se que este ponto é o de mais baixo potencial no qual não existe no solo a fase gasosa. Quando a tensão da água no solo aumenta gradualmente a partir de zero centímetros, primeiramente o solo mantém sua saturação até a tensão atingir o valor de tensão crítica, ou seja. Depois, a umidade do solo diminui com o aumento da tensão. Sendo assim, para explicar fisicamente o mecanismo de redução do valor de  $\theta$  com a redução da  $|\psi|$ , a utilização das equações 3.1 e 3.2 é muito conveniente, pois elas adotam o conceito de pressão de borbulhamento. Porém, como as equações possuem uma descontinuidade, é difícil realizar um ajuste sem que haja subjetividade (KOBAYAMA et al., 1998).

Outra equação bem utilizada internacionalmente é a proposta por VAN GENUCHTEN (1980), isto é:

$$\theta(\psi) = \theta_r + \frac{\theta_s - \theta_r}{\left[1 + (\alpha|\psi|)^n\right]^m} \quad (3.3)$$

onde  $\alpha$ ,  $n$  e  $m$  são parâmetros, sendo  $m = 1 - 1/n$ . Quando  $m = 1$ , a equação (3.3) torna-se igual a AHUJA & SWARTZENDRUBER (1972).

A equação de VAN GENUCHTEN não tem uma descontinuidade na curva, o que por vezes traz uma divergência rápida na análise numérica do movimento da água no solo. Portanto, ela tem sido muito utilizada em simulação numérica (KOBAYAMA et al., 1998).

Além disso, equações de CAMPBELL (1974), HAVERKAMP et al. (1977), TANI (1982) entre outros são razoavelmente utilizadas em análises de solos e estudos computacionais.

## 4. MATERIAIS E MÉTODOS

### 4.1 LOCAL DO EXPERIMENTO

O experimento foi implantado na Fazenda Canguiri da Universidade Federal do Paraná (UFPR), no fim de julho de 1997. A fazenda está localizada no município de Pinhais, no Estado do Paraná, à latitude de  $25^{\circ}23'S$ , longitude de  $49^{\circ}07'30''W$  (Figura 4.1). Este experimento foi implantado para o projeto de erva-mate, principalmente a fim de promover o melhoramento genético de algumas populações da espécie (FERNANDES, 1998 e FERNANDES et al., 2000).

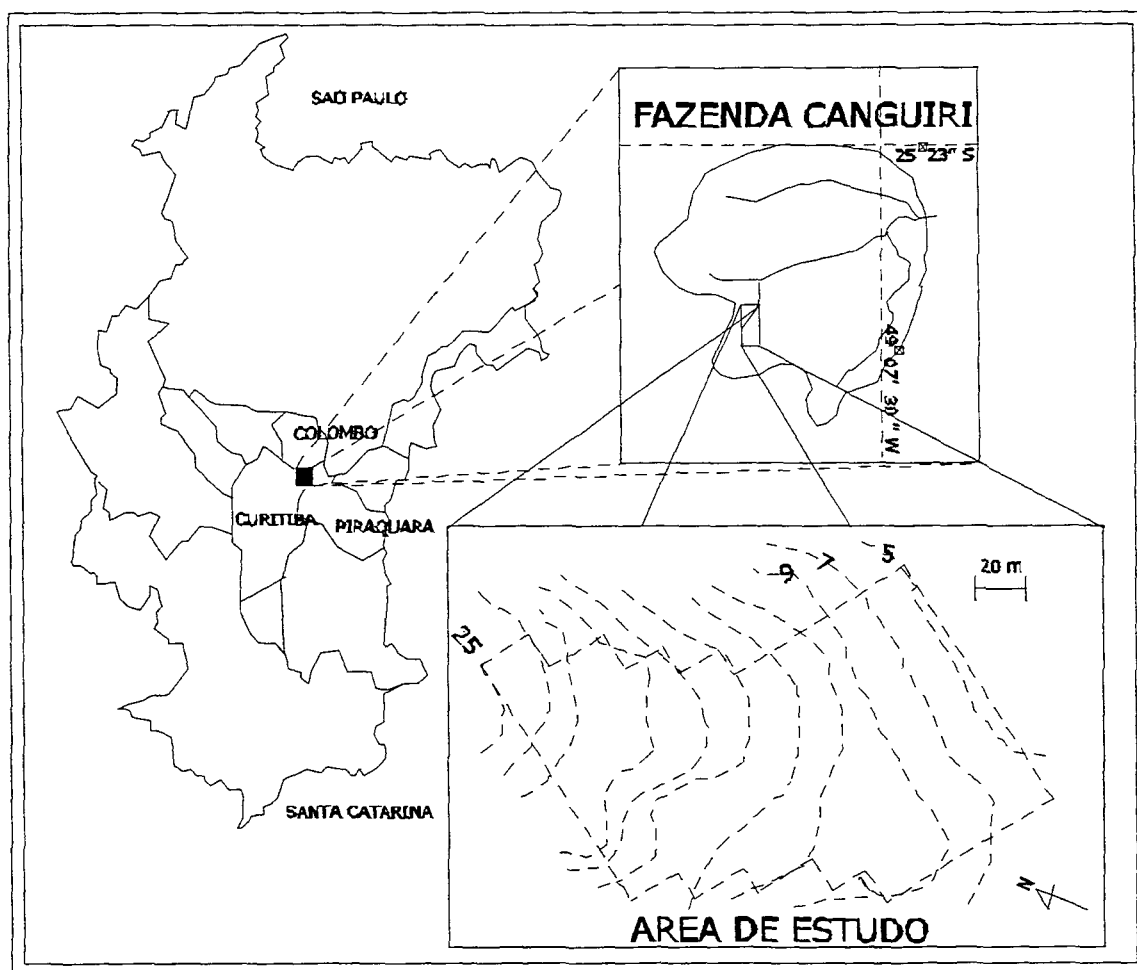


Figura 4.1 Localização da área de estudo

Inicialmente pretendia-se implantar o experimento usando um Delineamento em Blocos Casualizados. Entretanto, em função da heterogeneidade do solo dentro dos blocos, optou-se por um látice. Tal delineamento é mais robusto para tais condições, embora apresente algumas limitações. Uma destas limitações refere-se ao número de tratamentos, que deve ser um quadrado perfeito. Desta forma, das 75 progênies disponíveis utilizou-se 64, formando-se então um látice balanceado 8x8, com 9 repetições balanceadas e 6 plantas (meio irmãs) por parcela (FERNANDES et al, 2000).

O plantio foi feito num espaçamento de 2,5 m entre plantas em parcela, e 1,6 m entre parcelas, perfazendo um total de 3456 plantas, com uma área, incluindo as bordaduras, de aproximadamente 2 ha (FERNANDES et al, 2000) (Figuras 4.2). Aqui, pela conveniência, 8 parcelas definem um bloquinho, sendo que 1 bloco possui 8 bloquinhos. Na Figura 4.2, os números arábicos representam os blocos e os romanos representam os bloquinhos.



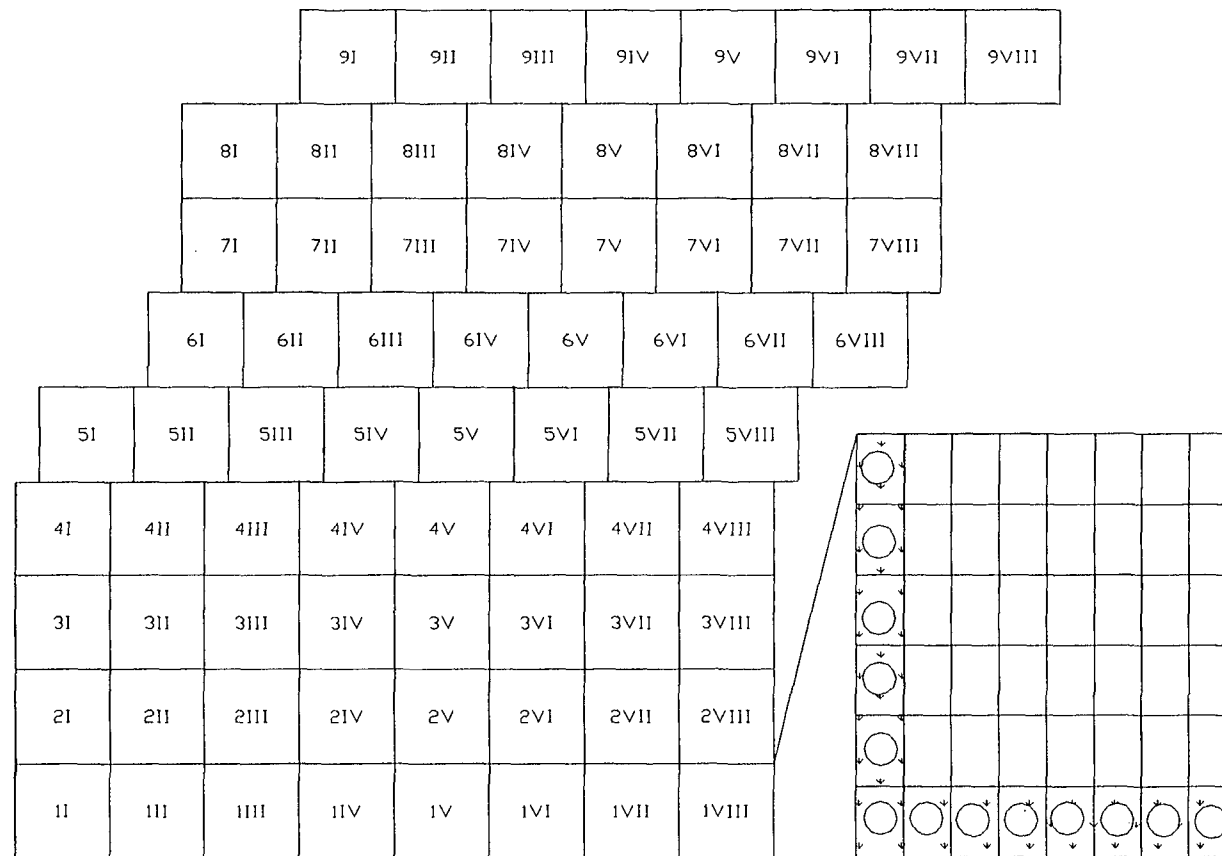


Figura 4.2 Área de estudo

A precipitação mensal, observada na Estação Pinhais localizada na Fazenda Canguiri, no período de julho de 1998 até mês de julho de 2000 variou entre 3,2 mm a 265,7 mm. A precipitação no outono se apresentou menor que em outras estações (Figura 4.3). A temperatura média mensal máxima, observada na mesma estação foi de 20,5 °C no mês de fevereiro de 1999 e a mínima de 10,7 °C no mês de junho de 2000 (Figura 4.4).

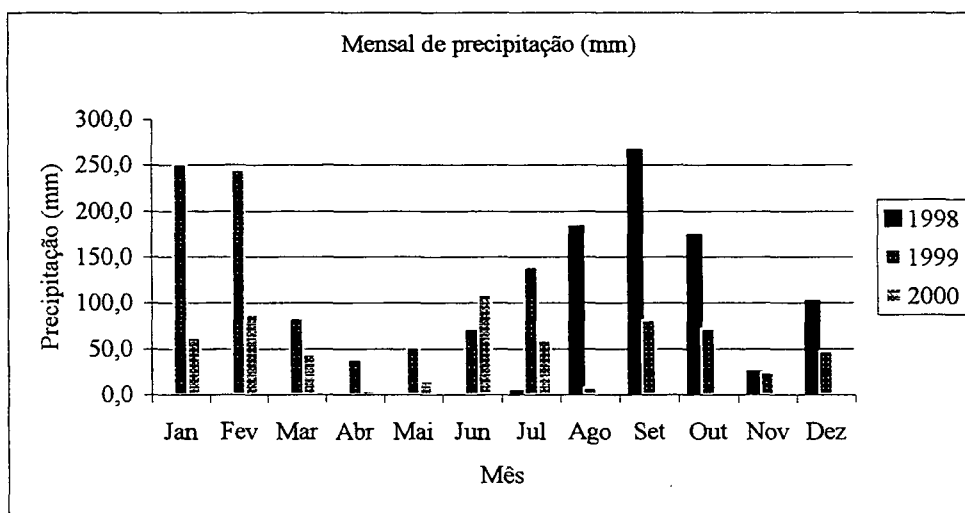


Figura 4.3 Precipitação mensal na Estação Pinhais operada pelo SIMEPAR

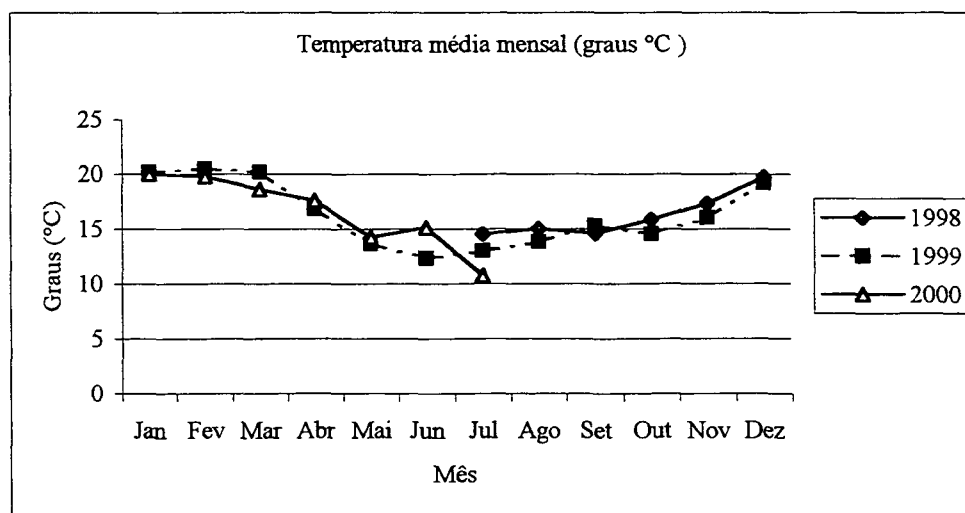


Figura 4.4 Temperatura média mensal na Estação Pinhais operada pelo SIMEPAR

## 4.2 OBTENÇÃO DAS MUDAS

A obtenção das mudas teve o respaldo do Termo Aditivo ao Contrato de Cooperação, entre a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) - Centro Nacional de Pesquisa de Florestas (CNPQ) e do Departamento de Genética - UFPR, em 6 de fevereiro de 1996. O CNPF promoveu uma grande coleta de germoplasma em oito municípios diferentes, sendo 7 do Paraná (Ivaí, Colombo, Quedas do Iguaçu, Pinhão, Antônio Olinto, Cascavel e São Mateus do Sul) e um (Barão de Cotegipe) do Rio Grande do Sul (FERNANDES, 1998).

Considerando a distância entre os municípios, as progênies coletadas em cada local podem ser consideradas como uma população ou procedência (RESENDE, 1996).

Em média foram coletadas 170 progênies de cada procedência. As sementes foram desenvolvidas até a condição de mudas em sacos de plástico.

As progênies cedidas à UFPR foram 75 originadas de 5 procedências. Como acima mencionado, destas 75 progênies apenas 64 foram utilizadas (Tabela 4.1).

Tabela 4.1 Descrição das mudas utilizadas.

| Município (Procedência) | Número de progênies |
|-------------------------|---------------------|
| Barão de Cotegipe -RG   | 12                  |
| Cascavel -PR            | 13                  |
| Quedas do Iguaçu -PR    | 13                  |
| Ivaí -PR                | 13                  |
| Colombo -PR             | 13                  |

## 4.3 MEDIÇÃO E COLETA DOS DADOS NO CAMPO

### 4.3.1 Medição do crescimento da planta

A primeira medição das plantas foi efetuada no mês de agosto de 1999. Os parâmetros medidos foram a altura da planta, a altura da copa e o diâmetro da copa de cada árvore. Na segunda medição (julho de 2000), foram medidos a altura da árvore, a altura e o diâmetro da copa, e o diâmetro do fuste na superfície do solo.

#### 4.3.2 Coletas das amostras deformadas do solo

O monitoramento da umidade gravimétrica do solo foi realizado no período de fevereiro de 1999 até agosto de 2000, aproximadamente a cada 15 dias. Neste monitoramento, as amostras deformadas do solo foram coletadas em profundidade de 0 a 10cm com uso de trado holandês. Em cada bloquinho de cada bloco, por exemplo 1I, 1II,...9VIII, mostrada na Figura 4.2, as amostras do solo foram coletadas em 5 pontos. Depois que estas 5 amostras foram homogeneizadas em balde plástico, gerou-se uma amostra representativa para cada bloquinho, cujo volume foi aproximadamente de 35 cm<sup>3</sup>.

As amostras do solo para análise granulométrica foram coletadas com trados em profundidade de 0 a 10 cm da superfície do solo, no mês de julho de 2000. Cada amostra com aproximadamente 1000 cm<sup>3</sup> de volume foi composta por 5 sub-amostras coletadas em cada bloquinho e homogeneizada em balde plástico.

#### 4.3.3 Coleta das amostras não deformadas do solo

As amostras não deformadas foram coletadas no mês de julho de 2000. Em cada bloquinho coletou-se 3 amostras na profundidade de 0 a 5 cm da superfície do solo, com cilindro de aço possuindo 3cm de altura e 5cm de diâmetro.

### 4.4 ANÁLISE EM LABORATÓRIO

As amostras deformadas periodicamente coletadas a cada 15 dias foram utilizadas para análise de umidade gravimétrica. As amostras deformadas coletadas no mês de julho de 2000 foram utilizadas para a análise granulométrica pelo método do densímetro.

As amostras não deformadas foram utilizadas para determinar a massa específica do solo seco e a porosidade total do solo.

As análises laboratoriais de umidade gravimétrica do solo e massa específica do solo seco foram executadas no Laboratório de Física do Solo do Departamento de Solos e Engenharia Agrícola da UFPR, com a metodologia descrita por EMBRAPA (1979).

## 4.5 ANÁLISE DOS DADOS

### 4.5.1 O volume da copa

Considerando que a forma da copa da erva-mate é elipsóide, calculou-se o seu volume ( $v$ ) em  $\text{cm}^3$  com a seguinte equação:

$$v = \frac{4}{3}\pi\left(\frac{d}{2}\right)^2\left(\frac{h}{2}\right) \quad (4.1)$$

onde  $d$  é o diâmetro da copa [cm];  $h$  é a altura da mesma [cm].

### 4.5.2 Velocidade e taxa do crescimento

A velocidade do crescimento em altura ( $Va$ ) em  $\text{cm/ano}$  é definida como a diferença entre a altura da planta na primeira medição e a altura na segunda, é expressa como:

$$Va = H_2 - H_1 \quad (4.2)$$

onde  $H_2$  é a altura na segunda medição;  $H_1$  é a altura na primeira medição.

A velocidade do crescimento em volume da copa ( $Vv$ ) em  $\text{cm}^3/\text{ano}$  é definida como a diferença entre o volume da copa na primeira medição e o da mesma na Segunda, é expressa como:

$$Vv = V_2 - V_1 \quad (4.3)$$

onde  $V_2$  é o volume da copa na segunda medição;  $V_1$  é o valor da mesma na primeira medição.

Além disso, o presente trabalho define as taxas do crescimento em altura e em volume da copa como as relações entre a  $Va$  e  $H_1$ , e a  $Vv$  e  $V_1$ , respectivamente. Suas expressões matemáticas são:

$$Ta = \frac{Va}{H_1} \quad (4.4)$$

$$Tv = \frac{Vv}{V_1} \quad (4.5)$$

onde  $Ta$  é a taxa do crescimento em altura;  $Tv$  é a taxa do crescimento em volume da copa.

### 4.5.3 A umidade gravimétrica

A umidade gravimétrica ( $u$ ) em g/g é expressa como:

$$u = \frac{m_u - m_s}{m_s} \quad (4.6)$$

onde  $m_u$  é a massa úmida do solo [g];  $m_s$  é a massa seca do solo [g].

### 4.5.4 A massa específica do solo seco

A massa específica do solo seco ( $\rho_{ss}$ ) em g/cm<sup>3</sup> é a relação entre a massa seca e o volume total da amostra, ou seja:

$$\rho_{ss} = \frac{m_s}{v_t} \quad (4.7)$$

onde  $v_t$  é o volume total [cm<sup>3</sup>].

### 4.5.5 A umidade volumétrica

A umidade volumétrica ( $\theta$ ) em cm<sup>3</sup>/cm<sup>3</sup> é a relação entre o volume de água presente em uma amostra do solo e o volume da amostra, e pode ser expressa com seguinte equação:

$$\theta = \frac{v_a}{v_t} \quad (4.8)$$

onde  $v_a$  é o volume da água [cm<sup>3</sup>/cm<sup>3</sup>].

Dividindo a equação (4.8) pela equação (4.6), obtém-se:

$$\frac{\theta}{u} = \frac{v_a m_s}{v m_a} = \frac{m_s / v}{m_a / v_a} = \frac{\rho_{ss}}{\rho_a} \quad \therefore \theta = u \frac{\rho_{ss}}{\rho_a} \quad (4.9)$$

onde  $\rho_a$  é a massa específica da água [g/cm<sup>3</sup>]. Como o valor da  $\rho_a$  é de 1 g/cm<sup>3</sup>, a equação (4.9) torna-se:

$$\theta = u \rho_{ss} \quad (4.10)$$

#### 4.5.6 Modelo SPLINTEX

O presente trabalho adotou o modelo numérico SPLINTEX proposto por PREVEDELLO (2001) para determinar curvas características do solo. Este modelo determina a curva e a condutividade hidráulica saturada do solo, a partir da curva granulométrica do solo, massa específica do solo seco e das partículas. Em relação à curva de retenção, a simulação do modelo resulta em valores dos parâmetros  $\alpha$ ,  $n$  e  $m$  ( $m = 1-1/n$ ), a umidade saturada ( $\theta_s$ ) e a umidade residual ( $\theta_r$ ) usados na equação de VAN GENUCHTEN (1980). Dessa maneira, o modelo possibilita caracterizar a permeabilidade, a difusividade e a capacidade específica do solo que são expressas em função da umidade volumétrica ou da tensão da água no solo.

O modelo translada a curva granulométrica na curva de retenção da água, assumindo que ambas as curvas possuem a mesma forma. Isso é realizado através da técnica de “spline” cúbica (PREVEDELLO & PREVEDELLO, 1987) e do algoritmo de ARYA & PARIS (1981). Como o tamanho e distribuição de poros determinam a curva de retenção, e não o tamanho e distribuição de partículas, alguns desvios podem ocorrer. Esses desvios, contudo, podem ser eliminados no caso de haver um ou mais pontos experimentais da curva de retenção. Caso contrário, o programa assume uma correção automática que se baseia na relação entre a umidade retida na tensão de 3,30 cmH<sub>2</sub>O e teores de silte mais argila, fornecida por ARRUDA et al. (1987) (PREVEDELLO, 2001).

Esse modelo foi desenvolvido para facilitar a obtenção da curva, pois a metodologia clássica, ou seja o método direto com o uso de câmara de pressão, requer maior tempo e mão-de-obra (PREVEDELLO, 2001).

No cálculo do presente trabalho, considerou-se que o valor da massa específica das partículas foi constante na área experimental inteira, sendo de 2,65 g/cm<sup>3</sup>. Então, os valores da textura do solo (argila, silte, areia fina e areia grossa em %) e a massa específica do solo seco em g/cm<sup>3</sup> de cada bloquinho, e o valor (= 2,65 g/cm<sup>3</sup>) da massa específica das partículas foram utilizados como dados de entrada do programa. Usando os dados de saída, determinou-se uma curva característica do solo para cada bloquinho.

Por conveniência, a  $\theta_r$  é considerada o valor de  $\theta$  quando o solo atinge à condição do ponto de murcha permanente, isto é, à tensão de 15.000 cmH<sub>2</sub>O.

#### 4.5.7 A tensão da água no solo

A equação de VAN GENUCHTEN (1980) para retenção da água no solo é:

$$\theta(\psi) = \theta_r + \frac{\theta_s - \theta_r}{\left[1 + (\alpha|\psi|)^n\right]^m} \quad (4.11)$$

Modificando a equação (4.11), obtém-se:

$$|\psi| = \frac{\left[ \left( \frac{\theta_s - \theta_r}{\theta - \theta_r} \right)^{\frac{1}{m}} - 1 \right]}{\alpha} \quad (4.12)$$

Usando a eq. (4.12) e o valor estimado com a eq. (4.10), o valor de tensão foi determinado.

#### 4.5.8 Análise dos resultados obtidos

A análise dos resultados obtidos no crescimento consistiu em:

- Analisar os valores da velocidade do crescimento em altura ( $Va$ ), da velocidade do crescimento em volume da copa ( $Vv$ ) e do diâmetro do fuste das plantas ( $Df$ ) a nível de progênie, procedência e todas as plantas em conjunto.
- Avaliar as relações entre  $Va$  e  $Vv$ ; entre  $Va$  e  $Df$ ; entre  $Vv$  e  $Df$ ; entre  $Ta$  e  $Tv$ ; entre  $Ta$  e  $Df$ ; e entre  $Tv$  e  $Df$  para cada procedência e todas as plantas em conjunto, utilizando regressão logarítmica e coeficiente logarítmico de determinação.
- Avaliar a relação entre  $Va$ ,  $Vv$  e  $Df$ ;  $Ta$ ,  $Tv$  e  $Df$ , utilizando a regressão múltipla e o coeficiente múltiplo de determinação a nível de procedência e todas as plantas em conjunto.

A análise dos resultados obtidos nas condições hídricas do solo consistiu em:

- Analisar os valores da umidade gravimétrica ( $u$ ), da umidade volumétrica ( $\theta$ ) e da tensão da água no solo ( $|\psi|$ ).
- Comparar os valores das condições hídricas no solo, utilizando o coeficiente de variação.
- Avaliar a relação entre o crescimento da erva-mate e as condições hídricas no solo, utilizando a regressão linear e o coeficiente de determinação.



## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 5.1 CRESCIMENTO DA ERVA-MATE

#### 5.1.1. Velocidade do crescimento

Os valores da velocidade do crescimento em altura das plantas ( $Va$ ) e da velocidade do crescimento em volume da copa ( $Vv$ ) das progênies foram calculados para o período de agosto/1999 até julho/2000 e estão nas Tabelas 5.1 e 5.2, respectivamente. Os valores do diâmetro do fuste das plantas ( $Df$ ) observados em julho de 2000 em progênies encontram-se na Tabela 5.3. As médias para todas as plantas em conjunto foram de 27,3 cm/ano, 83.050,03 cm<sup>3</sup>/ano e 13,2 mm para a  $Va$ , o  $Vv$  e  $Df$ , respectivamente.

Os valores de  $Va$ ,  $Vv$  e  $Df$  por procedência se encontram nas Tabelas 5.4, 5.5 e 5.6, respectivamente. Em relação ao nível de procedência, a Barão de Cotegipe apresentou a maior velocidade média para  $Va$  e  $Vv$ , sendo de 30,1 cm/ano e 115.192,4 cm<sup>3</sup>/ano, respectivamente. A procedência que teve as menores médias da  $Va$  e  $Vv$  foi Colombo, sendo seus valores de 24,1 cm/ano e 30.889,14 cm<sup>3</sup>/ano. A procedência que teve o maior valor de desvio padrão (D.P.) para a  $Va$  foi Colombo. Enquanto, a procedência Barão de Cotegipe teve os maiores valores de D.P. para a  $Vv$  e  $Df$ .

Em relação às progênies, o máximo valor da  $Va$  foi obtido com a Ivaí-4 com 107,33 cm/ano, e o valor mínimo foi de 4,5 cm/ano com a Ivaí-2. Assim a procedência Ivaí teve maior amplitude no crescimento em altura. A velocidade mínima do crescimento em volume foi encontrada na procedência Ivaí-5, com 1.042,49 cm<sup>3</sup>/ano e sua velocidade máxima, de 651.063,66 cm<sup>3</sup>/ano, na progênie Cascavel-5. Ainda observou-se que sobre o diâmetro do fuste, o valor mínimo foi em Colombo-10 com 4,7 mm e seu máximo em Cascavel com 34,2 mm.

Tabela 5.1 Valores da velocidade do crescimento em altura das plantas por progênies (cm/ano).

| Procedência            | Progênie | Média | Min.  | Max.   | D.P.  |
|------------------------|----------|-------|-------|--------|-------|
| Ivai(PR)               | 1        | 22,30 | 14,67 | 34,67  | 6,27  |
|                        | 2        | 28,82 | 4,50  | 42,83  | 11,05 |
|                        | 3        | 27,20 | 12,20 | 53,50  | 13,67 |
|                        | 4        | 33,72 | 9,25  | 107,33 | 28,79 |
|                        | 5        | 25,23 | 12,00 | 42,17  | 8,72  |
|                        | 6        | 22,66 | 15,80 | 35,17  | 7,42  |
|                        | 7        | 27,05 | 18,33 | 36,00  | 6,45  |
|                        | 8        | 24,69 | 15,40 | 41,00  | 10,11 |
|                        | 9        | 31,93 | 16,50 | 56,75  | 14,87 |
|                        | 10       | 27,15 | 16,40 | 55,40  | 11,91 |
|                        | 11       | 23,28 | 10,33 | 39,67  | 9,86  |
|                        | 12       | 25,34 | 15,67 | 42,80  | 8,00  |
|                        | 13       | 24,60 | 15,50 | 34,50  | 6,46  |
| Colombo(PR)            | 1        | 24,69 | 13,40 | 50,75  | 10,91 |
|                        | 2        | 20,41 | 10,67 | 46,00  | 11,75 |
|                        | 3        | 29,60 | 5,80  | 58,00  | 17,82 |
|                        | 4        | 27,83 | 11,33 | 45,33  | 9,82  |
|                        | 5        | 29,71 | 12,20 | 75,00  | 24,24 |
|                        | 6        | 24,21 | 17,00 | 36,33  | 5,42  |
|                        | 7        | 23,18 | 10,20 | 41,33  | 10,82 |
|                        | 8        | 24,01 | 10,50 | 53,33  | 12,76 |
|                        | 9        | 24,08 | 13,17 | 36,00  | 7,87  |
|                        | 10       | 20,50 | 11,33 | 46,00  | 10,97 |
|                        | 11       | 27,05 | 10,50 | 55,75  | 13,55 |
|                        | 12       | 20,71 | 4,75  | 41,20  | 10,35 |
|                        | 13       | 17,34 | 12,00 | 25,75  | 3,73  |
| Barão de Cotegipe (RS) | 1        | 32,46 | 15,50 | 51,33  | 12,35 |
|                        | 2        | 29,02 | 14,80 | 64,25  | 15,32 |
|                        | 3        | 25,17 | 12,00 | 36,50  | 8,54  |
|                        | 4        | 25,66 | 12,40 | 49,25  | 13,30 |
|                        | 5        | 27,09 | 11,60 | 45,80  | 11,84 |
|                        | 6        | 27,65 | 19,00 | 38,60  | 6,90  |
|                        | 7        | 35,20 | 24,83 | 47,80  | 7,33  |
|                        | 8        | 29,33 | 15,83 | 48,00  | 10,35 |
|                        | 9        | 35,60 | 27,40 | 54,50  | 8,25  |
|                        | 10       | 31,05 | 24,00 | 40,00  | 4,93  |
|                        | 11       | 31,65 | 17,67 | 44,83  | 10,23 |
|                        | 12       | 31,10 | 15,00 | 68,50  | 19,20 |

Tabela 5.1 (Continuação)

| Procedência          | Progênie | Média | Min.  | Max.  | D.P.  |
|----------------------|----------|-------|-------|-------|-------|
| Quedas do Iguaçu(PR) | 1        | 22,78 | 14,83 | 40,50 | 7,56  |
|                      | 2        | 34,00 | 18,20 | 57,60 | 14,53 |
|                      | 3        | 23,60 | 6,33  | 30,50 | 7,19  |
|                      | 4        | 24,12 | 14,20 | 43,75 | 8,82  |
|                      | 5        | 25,65 | 11,50 | 36,00 | 7,68  |
|                      | 6        | 20,64 | 9,40  | 37,00 | 9,11  |
|                      | 7        | 27,00 | 15,67 | 38,40 | 7,95  |
|                      | 8        | 22,44 | 11,50 | 42,00 | 9,26  |
|                      | 9        | 35,24 | 21,50 | 50,00 | 8,87  |
|                      | 10       | 37,23 | 24,33 | 58,33 | 10,08 |
|                      | 11       | 30,12 | 16,00 | 65,00 | 14,74 |
|                      | 12       | 23,70 | 16,00 | 30,40 | 5,21  |
|                      | 13       | 28,28 | 20,67 | 34,00 | 4,82  |
| Cascavel(PR)         | 1        | 29,04 | 13,33 | 49,60 | 11,81 |
|                      | 2        | 27,14 | 10,25 | 37,20 | 8,90  |
|                      | 3        | 34,68 | 13,25 | 50,00 | 12,32 |
|                      | 4        | 27,51 | 9,83  | 54,50 | 12,58 |
|                      | 5        | 34,29 | 20,00 | 56,20 | 10,61 |
|                      | 6        | 28,25 | 18,83 | 42,00 | 7,65  |
|                      | 7        | 23,90 | 5,00  | 40,75 | 9,50  |
|                      | 8        | 31,66 | 19,33 | 37,00 | 5,50  |
|                      | 9        | 31,53 | 15,83 | 58,00 | 14,12 |
|                      | 10       | 22,58 | 13,50 | 32,00 | 5,46  |
|                      | 11       | 29,17 | 16,20 | 44,75 | 9,71  |
|                      | 12       | 25,02 | 12,33 | 53,50 | 12,64 |
|                      | 13       | 29,97 | 12,40 | 72,67 | 19,04 |

Tabela 5.2 Valores da velocidade do crescimento em volume da copa das plantas por progênies (cm<sup>3</sup>/ano).

| Procedência            | Progênie | Média      | Min.      | Max.       | D.P.       |
|------------------------|----------|------------|-----------|------------|------------|
| Ivai(PR)               | 1        | 51.459,21  | 2.590,24  | 116.426,81 | 37.012,49  |
|                        | 2        | 69.063,97  | 15.688,07 | 233.012,28 | 68.004,84  |
|                        | 3        | 35.209,32  | 7.493,22  | 83.600,50  | 24.694,09  |
|                        | 4        | 84.792,31  | 6.902,60  | 451.861,55 | 140.101,03 |
|                        | 5        | 72.723,09  | 1.042,49  | 211.555,63 | 65.937,79  |
|                        | 6        | 66.865,76  | 12.129,69 | 265.983,55 | 80.633,99  |
|                        | 7        | 138.729,20 | 9.829,39  | 467.821,89 | 140.712,20 |
|                        | 8        | 59.876,82  | 9.419,02  | 182.739,73 | 56.257,06  |
|                        | 9        | 96.288,95  | 11.817,76 | 258.993,42 | 85.168,06  |
|                        | 10       | 49.673,17  | 8.669,36  | 152.397,19 | 49.279,93  |
|                        | 11       | 61.869,19  | 5.344,11  | 261.897,21 | 82.984,95  |
|                        | 12       | 85.627,10  | 6.596,51  | 174.050,94 | 58.505,24  |
|                        | 13       | 84.297,21  | 30.755,32 | 167.837,67 | 49.434,93  |
| Colombo(PR)            | 1        | 30.546,80  | 4.249,00  | 88.283,47  | 29.402,78  |
|                        | 2        | 19.496,93  | 1.076,17  | 61.357,29  | 19.146,65  |
|                        | 3        | 29.567,48  | 6.728,24  | 77.529,38  | 23.849,46  |
|                        | 4        | 92.655,35  | 21.225,65 | 166.803,21 | 48.722,65  |
|                        | 5        | 10.546,81  | 1.591,22  | 26.916,99  | 8.896,24   |
|                        | 6        | 26.018,07  | 3.001,79  | 66.513,63  | 22.000,57  |
|                        | 7        | 20.326,05  | 2.135,63  | 48.907,27  | 16.365,74  |
|                        | 8        | 20.095,20  | 9.469,46  | 47.463,18  | 12.355,32  |
|                        | 9        | 45.227,92  | 3.956,31  | 109.604,93 | 37.935,44  |
|                        | 10       | 12.457,88  | 1.700,65  | 32.236,80  | 10.883,49  |
|                        | 11       | 47.819,03  | 5.005,60  | 250.341,08 | 77.566,94  |
|                        | 12       | 19.662,20  | 1.289,49  | 65.879,41  | 24.386,08  |
|                        | 13       | 24.732,05  | 5.101,03  | 50.587,50  | 14.069,82  |
| Barão de Cotegipe (RS) | 1        | 157.161,63 | 5.441,24  | 442.805,30 | 162.331,57 |
|                        | 2        | 129.228,27 | 29.379,44 | 465.527,17 | 149.630,21 |
|                        | 3        | 56.047,58  | 19.616,19 | 121.245,49 | 31.615,48  |
|                        | 4        | 87.608,87  | 12.101,31 | 159.666,34 | 50.289,99  |
|                        | 5        | 83.398,22  | 13.065,36 | 289.071,55 | 85.034,40  |
|                        | 6        | 68.128,59  | 9.171,62  | 181.396,19 | 56.384,15  |
|                        | 7        | 153.487,07 | 11.193,15 | 311.586,51 | 106.519,49 |
|                        | 8        | 127.293,49 | 11.360,52 | 610.868,82 | 190.070,97 |
|                        | 9        | 148.203,27 | 22.644,73 | 430.708,95 | 138.675,84 |
|                        | 10       | 69.842,08  | 6.733,83  | 230.716,21 | 68.467,88  |
|                        | 11       | 172.610,68 | 18.965,93 | 444.369,64 | 147.027,54 |
|                        | 12       | 122.727,06 | 8.544,74  | 460.965,80 | 153.930,21 |

Tabela 5.2 (Continuação)

| Procedência          | Progénie | Média      | Min.      | Max.       | D.P.       |
|----------------------|----------|------------|-----------|------------|------------|
| Quedas do Iguaçu(PR) | 1        | 79.992,47  | 2.207,49  | 254.558,37 | 72.944,24  |
|                      | 2        | 133.163,73 | 9.073,23  | 437.754,02 | 137.598,43 |
|                      | 3        | 65.183,71  | 6.645,12  | 146.618,13 | 49.776,93  |
|                      | 4        | 56.862,08  | 14.592,49 | 155.903,24 | 43.613,41  |
|                      | 5        | 91.708,68  | 7.223,36  | 288.354,64 | 85.006,26  |
|                      | 6        | 32.411,27  | 3.073,92  | 140.588,28 | 42.035,68  |
|                      | 7        | 85.822,70  | 7.116,58  | 259.064,98 | 82.234,09  |
|                      | 8        | 130.969,07 | 10.342,30 | 356.175,27 | 101.440,06 |
|                      | 9        | 150.628,81 | 8.446,70  | 378.077,06 | 116.689,17 |
|                      | 10       | 100.888,84 | 18.667,87 | 322.741,97 | 110.043,48 |
|                      | 11       | 94.928,31  | 11.331,90 | 202.162,97 | 60.957,66  |
|                      | 12       | 77.017,43  | 21.323,04 | 131.855,17 | 37.505,59  |
|                      | 13       | 140.006,93 | 5.099,72  | 328.123,21 | 107.452,09 |
| Cascavel(PR)         | 1        | 122.298,93 | 13.886,99 | 355.556,95 | 123.331,56 |
|                      | 2        | 113.365,72 | 17.885,61 | 351.341,32 | 116.837,49 |
|                      | 3        | 142.123,22 | 18.838,39 | 487.769,12 | 150.598,41 |
|                      | 4        | 87.927,16  | 15.091,06 | 195.251,47 | 68.928,09  |
|                      | 5        | 186.385,34 | 24.172,72 | 651.063,66 | 206.020,81 |
|                      | 6        | 89.852,70  | 7.263,45  | 200.991,07 | 61.229,31  |
|                      | 7        | 104.483,42 | 17.459,53 | 368.674,45 | 115.477,89 |
|                      | 8        | 132.963,28 | 1.751,26  | 318.909,88 | 115.620,66 |
|                      | 9        | 58.685,89  | 6.277,08  | 117.996,65 | 34.823,58  |
|                      | 10       | 81.487,56  | 29.083,73 | 181.200,65 | 55.430,69  |
|                      | 11       | 100.550,88 | 14.360,35 | 209.227,98 | 65.531,37  |
|                      | 12       | 52.848,17  | 11.399,79 | 125.182,13 | 39.427,40  |
|                      | 13       | 71.281,55  | 12.563,23 | 155.530,41 | 47.490,46  |

Tabela 5.3 Valores do diâmetro do fuste das plantas em julho de 2000 por progênes (mm).

| Procedência            | Progênie | Média | Min. | Max. | D.P. |
|------------------------|----------|-------|------|------|------|
| Ivai(PR)               | 1        | 11,9  | 5,6  | 16,8 | 4,01 |
|                        | 2        | 13,8  | 6,2  | 32,5 | 7,87 |
|                        | 3        | 10,4  | 8,2  | 14,8 | 2,26 |
|                        | 4        | 12,9  | 9,0  | 16,2 | 2,21 |
|                        | 5        | 13,0  | 7,3  | 17,3 | 3,02 |
|                        | 6        | 12,8  | 6,2  | 25,3 | 6,08 |
|                        | 7        | 14,9  | 8,8  | 21,2 | 4,26 |
|                        | 8        | 12,5  | 6,7  | 27,2 | 6,81 |
|                        | 9        | 12,4  | 7,2  | 18,0 | 3,85 |
|                        | 10       | 11,4  | 6,3  | 18,5 | 4,42 |
|                        | 11       | 10,3  | 4,8  | 20,3 | 5,50 |
|                        | 12       | 12,3  | 7,3  | 20,0 | 4,65 |
|                        | 13       | 12,8  | 6,3  | 18,5 | 3,76 |
| Colombo(PR)            | 1        | 10,1  | 5,0  | 12,5 | 2,59 |
|                        | 2        | 9,4   | 6,7  | 13,0 | 2,10 |
|                        | 3        | 11,2  | 7,3  | 17,0 | 3,37 |
|                        | 4        | 15,9  | 9,7  | 21,2 | 3,94 |
|                        | 5        | 9,6   | 6,0  | 13,0 | 2,23 |
|                        | 6        | 8,5   | 6,0  | 12,0 | 2,19 |
|                        | 7        | 9,6   | 5,8  | 17,0 | 3,17 |
|                        | 8        | 10,7  | 7,2  | 14,6 | 2,55 |
|                        | 9        | 13,0  | 9,5  | 17,2 | 2,90 |
|                        | 10       | 8,0   | 4,7  | 10,4 | 2,11 |
|                        | 11       | 11,4  | 5,6  | 22,2 | 5,07 |
|                        | 12       | 12,2  | 8,0  | 16,8 | 3,02 |
|                        | 13       | 10,6  | 7,8  | 14,8 | 2,74 |
| Barão de Cotegipe (RS) | 1        | 15,9  | 5,8  | 27,0 | 6,36 |
|                        | 2        | 14,1  | 7,3  | 24,0 | 5,41 |
|                        | 3        | 12,3  | 9,7  | 17,7 | 2,91 |
|                        | 4        | 11,5  | 7,4  | 16,0 | 2,74 |
|                        | 5        | 13,5  | 8,0  | 19,5 | 3,31 |
|                        | 6        | 11,1  | 7,2  | 17,2 | 3,03 |
|                        | 7        | 17,3  | 7,0  | 27,4 | 6,61 |
|                        | 8        | 14,1  | 9,6  | 25,2 | 4,67 |
|                        | 9        | 17,9  | 9,0  | 33,5 | 8,22 |
|                        | 10       | 13,0  | 6,2  | 20,3 | 4,34 |
|                        | 11       | 19,3  | 11,8 | 27,2 | 5,56 |
|                        | 12       | 16,0  | 8,0  | 30,3 | 6,93 |

Tabela 5.3 (Continuação)

| Procedência          | Progenie | Média | Min. | Max. | D.P. |
|----------------------|----------|-------|------|------|------|
| Quedas do Iguaçu(PR) | 1        | 14,4  | 9,8  | 27,0 | 5,34 |
|                      | 2        | 13,5  | 7,2  | 22,5 | 5,28 |
|                      | 3        | 11,6  | 5,8  | 20,8 | 4,53 |
|                      | 4        | 11,1  | 8,7  | 13,5 | 1,71 |
|                      | 5        | 13,7  | 8,0  | 21,8 | 4,70 |
|                      | 6        | 9,8   | 7,2  | 13,7 | 2,20 |
|                      | 7        | 14,5  | 6,7  | 26,7 | 7,03 |
|                      | 8        | 14,8  | 9,8  | 20,3 | 3,59 |
|                      | 9        | 14,3  | 8,0  | 21,4 | 4,17 |
|                      | 10       | 14,4  | 10,2 | 22,7 | 4,80 |
|                      | 11       | 16,4  | 10,5 | 29,3 | 5,58 |
|                      | 12       | 12,8  | 8,6  | 20,8 | 4,54 |
|                      | 13       | 17,5  | 10,8 | 25,7 | 5,22 |
| Cascavel(PR)         | 1        | 14,4  | 9,5  | 23,8 | 4,70 |
|                      | 2        | 14,9  | 6,0  | 24,5 | 7,02 |
|                      | 3        | 14,5  | 7,4  | 20,7 | 4,32 |
|                      | 4        | 14,8  | 8,8  | 34,2 | 8,26 |
|                      | 5        | 17,9  | 8,0  | 33,5 | 7,93 |
|                      | 6        | 14,1  | 6,3  | 22,7 | 4,72 |
|                      | 7        | 12,3  | 5,0  | 21,8 | 4,96 |
|                      | 8        | 14,6  | 6,8  | 17,8 | 4,24 |
|                      | 9        | 12,7  | 8,8  | 24,5 | 4,99 |
|                      | 10       | 14,2  | 8,8  | 19,2 | 3,70 |
|                      | 11       | 16,3  | 11,4 | 23,8 | 3,99 |
|                      | 12       | 11,1  | 6,7  | 17,5 | 3,54 |
|                      | 13       | 15,1  | 6,8  | 27,0 | 5,99 |

Tabela 5.4 Valores da velocidade do crescimento em altura das plantas por procedências (cm/ano).

| Procedência                  | Média | Min.  | Max.   | D.P.  |
|------------------------------|-------|-------|--------|-------|
| Ivaí (PR)                    | 25,32 | 4,50  | 107,33 | 12,25 |
| Colombo (PR)                 | 24,09 | 4,75  | 75,00  | 12,28 |
| Barão de Cotegipe (RG)       | 30,08 | 11,60 | 68,50  | 11,26 |
| Quedas do Iguaçu (PR)        | 27,29 | 6,33  | 65,00  | 10,25 |
| Cascavel (PR)                | 28,83 | 5,00  | 72,67  | 11,30 |
| Todas as plantas em conjunto | 27,32 | 4,50  | 107,33 | 11,63 |

Tabela 5.5 Valores da velocidade do crescimento em volume da copa das plantas por procedências (cm<sup>3</sup>/ano).

| Procedência                  | Média      | Min.     | Max.       | D.P.       |
|------------------------------|------------|----------|------------|------------|
| Ivaí (PR)                    | 73.575,02  | 1.042,49 | 467.821,89 | 79.464,27  |
| Colombo (PR)                 | 30.889,14  | 1.076,17 | 250.341,08 | 37.181,96  |
| Barão de Cotegipe (RG)       | 115.192,37 | 5.441,24 | 610.868,82 | 122.419,53 |
| Quedas do Iguaçu (PR)        | 95.352,62  | 2.207,49 | 437.754,02 | 88.564,44  |
| Cascavel (PR)                | 103.394,84 | 1.751,26 | 651.063,66 | 104.890,57 |
| Todas as plantas em conjunto | 83.050,03  | 1.042,49 | 651.063,66 | 95.001,10  |

Tabela 5.6 Valores do diâmetro do fuste das plantas em julho de 2000 por procedências (mm).

| Procedência                  | Média | Min. | Max.  | D.P. |
|------------------------------|-------|------|-------|------|
| Ivaí (PR)                    | 12,40 | 4,75 | 32,50 | 4,70 |
| Colombo (PR)                 | 10,77 | 4,67 | 22,17 | 3,51 |
| Barão de Cotegipe (RG)       | 14,65 | 5,75 | 33,50 | 5,61 |
| Quedas do Iguaçu (PR)        | 13,77 | 5,75 | 29,33 | 4,89 |
| Cascavel (PR)                | 14,37 | 5,00 | 34,17 | 5,43 |
| Todas as plantas em conjunto | 13,17 | 4,67 | 34,17 | 5,06 |

As relações entre  $Va$  e  $Vv$ ; entre  $Va$  e  $Df$ , e entre  $Vv$  e  $Df$  para cada procedência encontram se nas Figura 5.1, Figura 5.2 e Figura 5.3, respectivamente. As regressões logarítmica feitas nessas figuras mostram que a correlação entre  $Vv$  e  $Df$  foi mais alta do que nas outras.



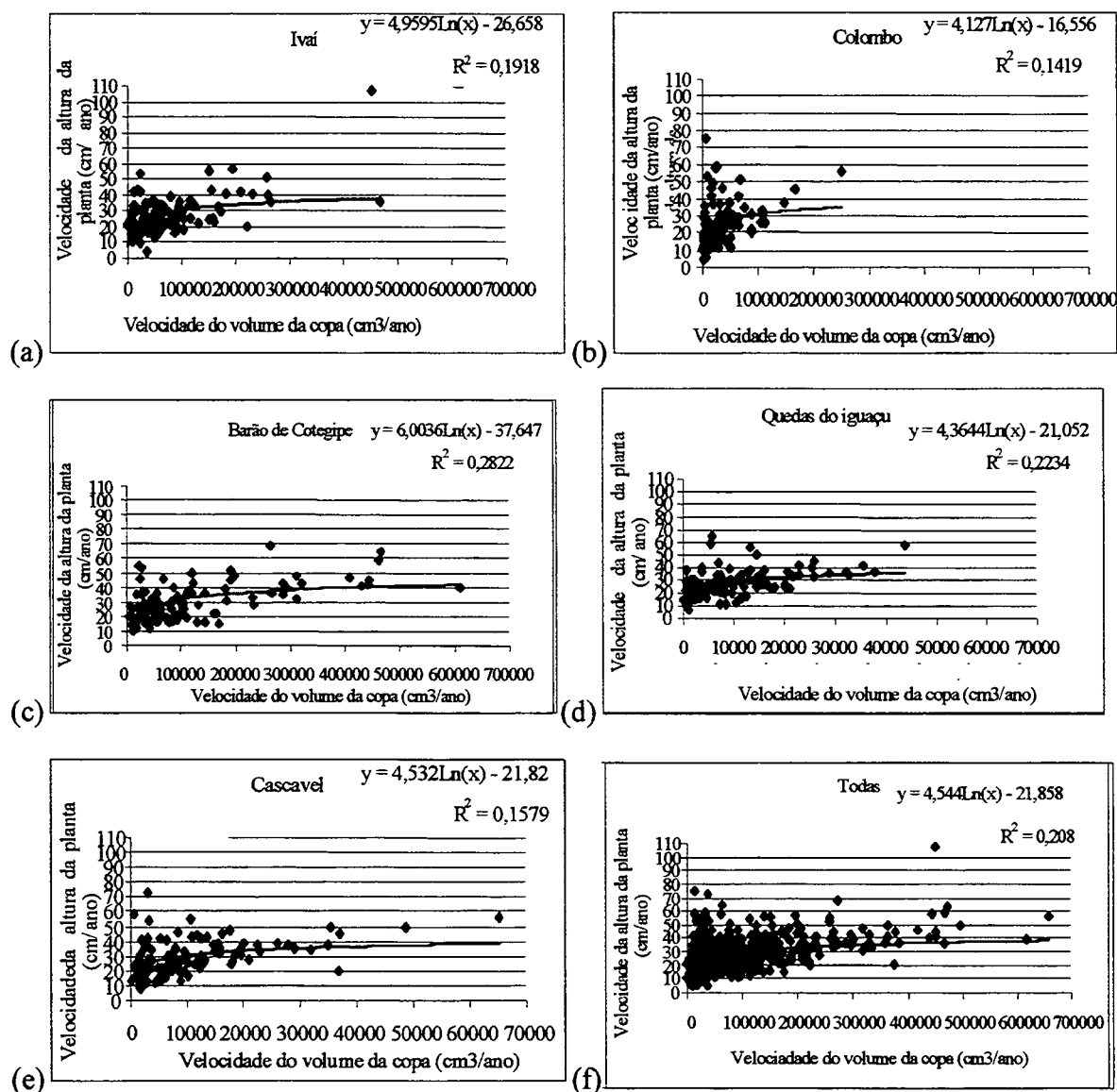


Figura 5.1 Relação entre a velocidade do crescimento em altura da planta (cm/ano) e a velocidade do crescimento em volume da copa ( $\text{cm}^3/\text{ano}$ ): (a) Ivaí; (b) Colombo; (c) Barão de Cotegipe; (d) Quedas do Iguaçu; (e) Cascavel; (f) Todas as plantas em conjunto.

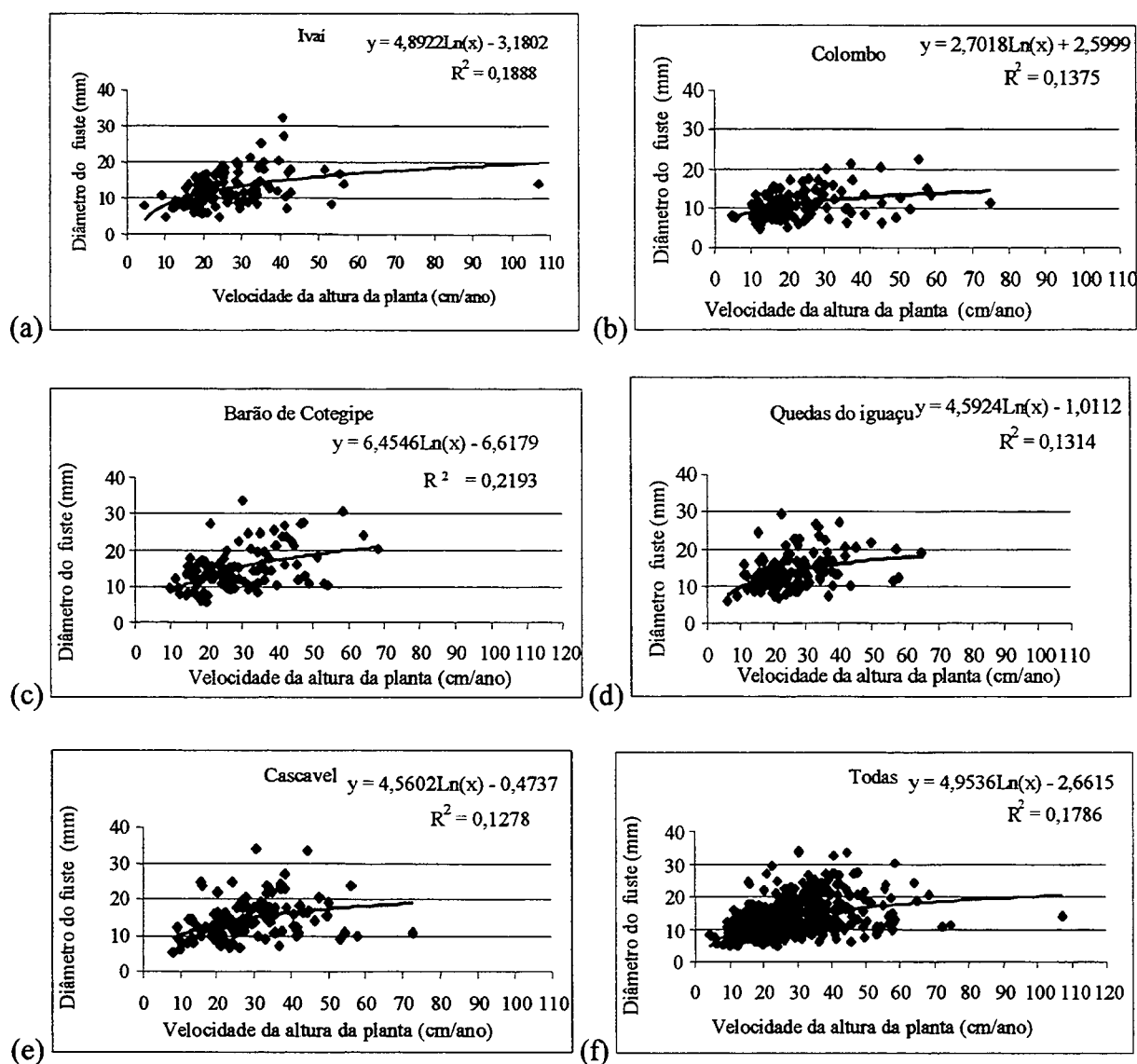


Figura 5.2 Relação entre a velocidade do crescimento em altura da planta (cm/ano) e o diâmetro do fuste (mm): (a) Ivaí; (b) Colombo; (c) Barão de Cotegipe; (d) Quedas do Iguaçu; (e) Cascavel; (f) Todas as plantas em conjunto.

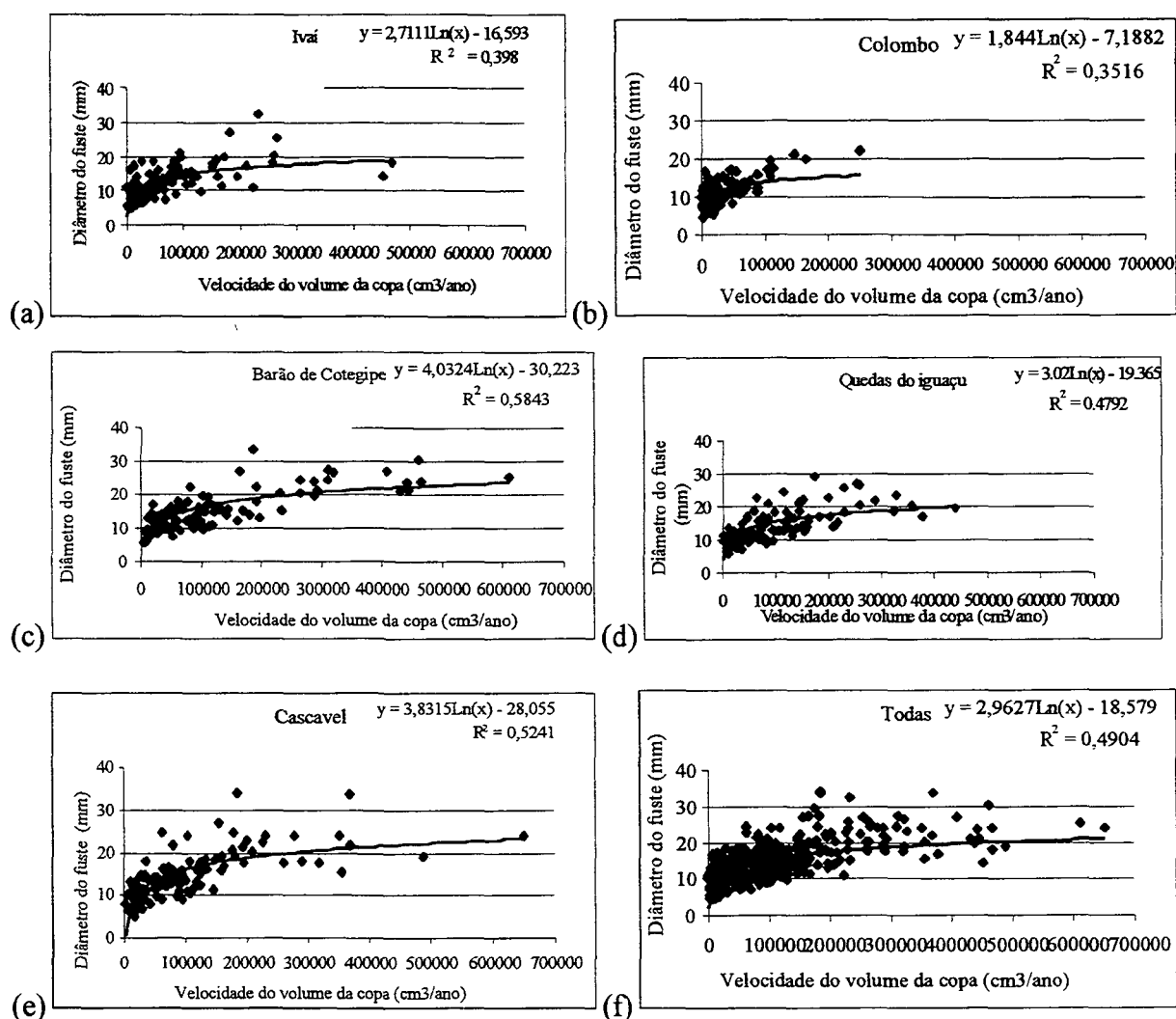


Figura 5.3 Relação entre o diâmetro do fuste (mm) e a velocidade do crescimento em volume da copa ( $\text{cm}^3/\text{ano}$ ): (a) Ivaí; (b) Colombo; (c) Barão de Cotegipe; (d) Quedas do Iguaçu; (e) Cascavel; (f) Todas as plantas em conjunto.

Considerando que  $Va$ ,  $Vv$  e  $Df$  possuem inter-relação entre si, foi executada a análise de regressão múltipla da relação entre estes parâmetros. A equação obtida na análise para todas as plantas em conjunto foi de  $Vv = 2.173,84 \cdot Va + 11.410,46 \cdot Df - 125.771,05$ , sendo seu coeficiente múltiplo de determinação igual a  $R^2 = 0,576$ .

A mesma análise foi realizada para cada procedência (Tabela 5.7). Os resultados mostrados nas Figuras 5.1, 5.2 e 5.3 e Tabela 5.7 mostram que a procedência Barão de Cotegipe manifesta sua própria característica em relação à forma.

Tabela 5.7 Análise da regressão múltipla da relação entre  $Va$ ,  $Vv$  e  $Df$ .

| Procedência       | Regressão múltipla                             | $R^2$ |
|-------------------|--|-------|
| Ivaí              | $Vv = 2.849,55 Va + 7.295,85 Df - 92.113,95$   | 0,524 |
| Colombo           | $Vv = 567,46 Va + 6.849,18 Df - 56.613,24$     | 0,544 |
| Barão de Cotegipe | $Vv = 2.690,49 Va + 14.154,72 Df - 172.076,76$ | 0,654 |
| Quedas do Iguaçu  | $Vv = 2.509,94 Va + 10.883,31 Df - 121.806,32$ | 0,569 |
| Cascavel          | $Vv = 2.509,13 Va + 11.470,38 Df - 133.344,75$ | 0,533 |

#### 5.1.2. Taxa do crescimento

A análise dos resultados da taxa do crescimento em altura das plantas ( $Ta$ ) por progênes estão na Tabela 5.8. A procedência Cascavel progênie 13 apresentou o maior valor nesta análise com 8,943. O menor valor foi obtido por Colombo 12 com 0,136.

Com relação aos resultado da taxa do crescimento em volume da copa das plantas ( $Tv$ ) apresentados na Tabela 5.9, observou-se como maior valor a procedência de Quedas do Iguaçu 10 com 4.173,024. Como menor valor Colombo 10 com 0,123.

Em relação a nível de procedência, Colombo apresentou a maior média para  $Ta$  sendo seu valor de 0,761 e a menor para a mesma foi de Barão de Cotegipe com 0,661 (Tabela 5.10). O maior valor da média para  $Tv$  foi de Quedas do Iguaçu com 47,501 e o menor foi de Ivaí com 7,549 (Tabela 5.11).

Comparando as Tabelas 5.4 e 5.10, 5.5 e 5.11, a procedência que teve as menores médias para  $Va$  e  $Vv$  foi Colombo. Porém, para  $Ta$ , Colombo apresentou a maior média. Tal procedência teve o maior valor de desvio padrão (D.P.) para  $Va$ . Para  $Ta$ , Cascavel apresentou o

menor valor de D.P. A procedência Barão de Cotegipe teve o maior valor de D.P. para  $V_v$ , contudo, para  $T_v$ , foi Quedas do Iguaçu.

Tabela 5.8 Valores da taxa do crescimento em altura das plantas (1/ano) por progênes

| Procedência            | Progênie | Média | Min.  | Max.  | D.P. |
|------------------------|----------|-------|-------|-------|------|
| Ivai(PR)               | 1        | 0,516 | 0,259 | 0,870 | 0,21 |
|                        | 2        | 0,683 | 0,191 | 1,221 | 0,32 |
|                        | 3        | 0,762 | 0,229 | 2,569 | 0,72 |
|                        | 4        | 1,021 | 0,224 | 3,499 | 1,01 |
|                        | 5        | 0,513 | 0,293 | 0,645 | 0,13 |
|                        | 6        | 0,559 | 0,292 | 1,217 | 0,30 |
|                        | 7        | 0,522 | 0,296 | 1,442 | 0,36 |
|                        | 8        | 0,642 | 0,291 | 1,391 | 0,36 |
|                        | 9        | 0,922 | 0,347 | 2,492 | 0,76 |
|                        | 10       | 0,830 | 0,327 | 1,874 | 0,49 |
|                        | 11       | 0,662 | 0,272 | 1,012 | 0,23 |
|                        | 12       | 0,655 | 0,238 | 1,847 | 0,52 |
|                        | 13       | 0,488 | 0,266 | 0,912 | 0,20 |
| Colombo(PR)            | 1        | 0,747 | 0,403 | 1,659 | 0,39 |
|                        | 2        | 0,770 | 0,222 | 2,272 | 0,65 |
|                        | 3        | 1,117 | 0,178 | 4,313 | 1,38 |
|                        | 4        | 0,493 | 0,305 | 0,762 | 0,16 |
|                        | 5        | 1,216 | 0,260 | 5,000 | 1,61 |
|                        | 6        | 1,028 | 0,425 | 3,292 | 0,93 |
|                        | 7        | 0,638 | 0,347 | 1,471 | 0,38 |
|                        | 8        | 0,797 | 0,277 | 3,390 | 0,98 |
|                        | 9        | 0,513 | 0,267 | 1,226 | 0,30 |
|                        | 10       | 0,780 | 0,261 | 2,163 | 0,64 |
|                        | 11       | 0,716 | 0,243 | 1,394 | 0,40 |
|                        | 12       | 0,626 | 0,136 | 1,559 | 0,41 |
|                        | 13       | 0,577 | 0,331 | 1,007 | 0,24 |
| Barão de Cotegipe (RS) | 1        | 0,615 | 0,190 | 0,961 | 0,26 |
|                        | 2        | 1,233 | 0,303 | 6,844 | 2,12 |
|                        | 3        | 0,590 | 0,178 | 1,229 | 0,33 |
|                        | 4        | 0,642 | 0,232 | 2,142 | 0,63 |
|                        | 5        | 0,550 | 0,215 | 0,845 | 0,26 |
|                        | 6        | 0,732 | 0,223 | 1,801 | 0,48 |
|                        | 7        | 0,635 | 0,363 | 0,855 | 0,17 |
|                        | 8        | 0,521 | 0,208 | 1,154 | 0,34 |
|                        | 9        | 0,595 | 0,201 | 1,756 | 0,47 |
|                        | 10       | 0,759 | 0,508 | 1,324 | 0,29 |
|                        | 11       | 0,488 | 0,280 | 0,646 | 0,13 |
|                        | 12       | 0,622 | 0,267 | 1,100 | 0,28 |

Tabela 5.8 (Continuação)

| Procedência          | Progênie | Média | Min.  | Max.  | D.P. |
|----------------------|----------|-------|-------|-------|------|
| Quedas do Iguaçu(PR) | 1        | 0,505 | 0,264 | 0,687 | 0,14 |
|                      | 2        | 0,765 | 0,315 | 1,995 | 0,49 |
|                      | 3        | 0,575 | 0,317 | 0,771 | 0,17 |
|                      | 4        | 0,645 | 0,382 | 1,798 | 0,45 |
|                      | 5        | 0,454 | 0,187 | 0,641 | 0,16 |
|                      | 6        | 1,098 | 0,280 | 3,568 | 1,25 |
|                      | 7        | 0,903 | 0,205 | 2,570 | 0,68 |
|                      | 8        | 0,381 | 0,155 | 0,653 | 0,17 |
|                      | 9        | 1,021 | 0,233 | 3,449 | 1,00 |
|                      | 10       | 1,204 | 0,505 | 2,641 | 0,83 |
|                      | 11       | 0,722 | 0,301 | 2,867 | 0,82 |
|                      | 12       | 0,542 | 0,294 | 1,136 | 0,25 |
|                      | 13       | 0,485 | 0,329 | 0,672 | 0,11 |
| Cascavel(PR)         | 1        | 0,637 | 0,317 | 1,205 | 0,35 |
|                      | 2        | 0,512 | 0,226 | 0,933 | 0,26 |
|                      | 3        | 0,747 | 0,252 | 1,372 | 0,33 |
|                      | 4        | 0,481 | 0,230 | 0,696 | 0,16 |
|                      | 5        | 0,750 | 0,424 | 1,715 | 0,43 |
|                      | 6        | 0,699 | 0,255 | 1,886 | 0,49 |
|                      | 7        | 0,633 | 0,213 | 1,158 | 0,35 |
|                      | 8        | 0,741 | 0,256 | 1,371 | 0,36 |
|                      | 9        | 1,145 | 0,271 | 3,667 | 1,18 |
|                      | 10       | 0,491 | 0,312 | 0,819 | 0,18 |
|                      | 11       | 0,696 | 0,215 | 2,091 | 0,57 |
|                      | 12       | 0,761 | 0,293 | 2,010 | 0,64 |
|                      | 13       | 1,526 | 0,247 | 8,943 | 2,80 |

Tabela 5.9 Valores da taxa do crescimento em volume da copa das plantas (1/ano) por progênes

| Procedência            | Progênie | Média   | Min.  | Max.      | D.P.    |
|------------------------|----------|---------|-------|-----------|---------|
| Ivai(PR)               | 1        | 3,122   | 1,189 | 6,292     | 1,805   |
|                        | 2        | 5,637   | 1,022 | 18,722    | 5,843   |
|                        | 3        | 4,573   | 1,180 | 13,180    | 4,376   |
|                        | 4        | 24,530  | 1,089 | 146,992   | 47,765  |
|                        | 5        | 2,559   | 0,276 | 5,079     | 1,497   |
|                        | 6        | 4,616   | 0,838 | 17,808    | 5,285   |
|                        | 7        | 3,861   | 0,831 | 8,292     | 2,180   |
|                        | 8        | 12,448  | 1,193 | 78,259    | 24,870  |
|                        | 9        | 9,601   | 1,372 | 39,845    | 12,310  |
|                        | 10       | 4,127   | 1,604 | 8,662     | 2,224   |
|                        | 11       | 4,522   | 1,289 | 13,017    | 3,471   |
|                        | 12       | 14,302  | 1,128 | 101,638   | 32,850  |
|                        | 13       | 4,233   | 1,954 | 7,775     | 1,764   |
| Colombo(PR)            | 1        | 11,384  | 1,976 | 56,078    | 17,759  |
|                        | 2        | 12,908  | 0,392 | 84,157    | 26,940  |
|                        | 3        | 12,893  | 0,851 | 49,222    | 18,449  |
|                        | 4        | 3,310   | 1,417 | 6,121     | 1,484   |
|                        | 5        | 5,893   | 0,468 | 20,124    | 7,166   |
|                        | 6        | 8,866   | 1,632 | 39,621    | 12,028  |
|                        | 7        | 24,859  | 0,297 | 177,248   | 61,628  |
|                        | 8        | 5,274   | 0,826 | 31,200    | 9,802   |
|                        | 9        | 3,346   | 1,138 | 6,487     | 1,985   |
|                        | 10       | 53,850  | 0,123 | 450,250   | 148,781 |
|                        | 11       | 6,302   | 1,115 | 27,122    | 8,574   |
|                        | 12       | 3,967   | 0,189 | 21,980    | 6,835   |
|                        | 13       | 5,362   | 0,757 | 17,917    | 5,524   |
| Barão de Cotegipe (RS) | 1        | 4,935   | 1,593 | 14,531    | 4,281   |
|                        | 2        | 266,385 | 0,382 | 2.366,737 | 787,640 |
|                        | 3        | 3,139   | 0,830 | 4,872     | 1,180   |
|                        | 4        | 5,999   | 1,706 | 24,209    | 7,014   |
|                        | 5        | 2,820   | 0,848 | 4,807     | 1,614   |
|                        | 6        | 6,629   | 1,204 | 16,728    | 6,408   |
|                        | 7        | 4,250   | 0,500 | 8,957     | 2,463   |
|                        | 8        | 6,286   | 1,396 | 31,164    | 9,418   |
|                        | 9        | 5,634   | 0,717 | 20,436    | 6,131   |
|                        | 10       | 7,748   | 0,789 | 34,066    | 10,254  |
|                        | 11       | 3,908   | 1,572 | 7,885     | 2,013   |
|                        | 12       | 4,546   | 0,568 | 15,217    | 4,622   |

Tabela 5.9 (Continuação)

| Procedência          | Progenie | Média   | Min.  | Max.      | D.P.      |
|----------------------|----------|---------|-------|-----------|-----------|
| Quedas do Iguaçu(PR) | 1        | 5,116   | 0,164 | 9,018     | 3,211     |
|                      | 2        | 8,277   | 2,091 | 29,567    | 8,859     |
|                      | 3        | 9,340   | 0,497 | 55,648    | 17,435    |
|                      | 4        | 6,719   | 0,798 | 15,176    | 5,491     |
|                      | 5        | 3,200   | 1,394 | 6,428     | 1,676     |
|                      | 6        | 38,975  | 0,446 | 194,999   | 72,300    |
|                      | 7        | 7,138   | 1,234 | 27,551    | 8,174     |
|                      | 8        | 3,451   | 1,720 | 6,730     | 1,792     |
|                      | 9        | 48,843  | 2,646 | 406,213   | 134,022   |
|                      | 10       | 470,598 | 2,655 | 4.173,024 | 1.388,436 |
|                      | 11       | 4,996   | 1,246 | 17,982    | 5,063     |
|                      | 12       | 7,841   | 1,423 | 40,879    | 12,535    |
|                      | 13       | 3,025   | 0,317 | 5,484     | 1,576     |
| Cascavel(PR)         | 1        | 14,861  | 1,046 | 61,231    | 24,115    |
|                      | 2        | 2,802   | 1,879 | 3,467     | 0,633     |
|                      | 3        | 21,803  | 1,759 | 145,571   | 46,648    |
|                      | 4        | 3,519   | 1,434 | 9,397     | 2,527     |
|                      | 5        | 25,994  | 2,844 | 184,872   | 59,809    |
|                      | 6        | 5,349   | 2,393 | 11,497    | 3,062     |
|                      | 7        | 4,289   | 1,970 | 9,065     | 2,430     |
|                      | 8        | 5,869   | 1,560 | 20,432    | 5,865     |
|                      | 9        | 7,218   | 1,492 | 29,091    | 8,869     |
|                      | 10       | 2,757   | 0,863 | 4,868     | 1,171     |
|                      | 11       | 4,562   | 0,652 | 17,357    | 5,054     |
|                      | 12       | 9,166   | 0,669 | 47,232    | 14,630    |
|                      | 13       | 28,250  | 0,965 | 188,005   | 64,646    |

Tabela 5.10 Valores da taxa do crescimento em altura das plantas (1/ano) por procedências

| Procedência                  | Média | Min.  | Max.  | D.P.  |
|------------------------------|-------|-------|-------|-------|
| Ivaí (PR)                    | 0,691 | 0,191 | 3,499 | 0,513 |
| Colombo (PR)                 | 0,761 | 0,136 | 5,000 | 0,764 |
| Barão de Cotegipe (RG)       | 0,661 | 0,178 | 6,844 | 0,689 |
| Quedas do Iguaçu (PR)        | 0,709 | 0,155 | 3,568 | 0,623 |
| Cascavel (PR)                | 0,755 | 0,213 | 8,943 | 0,914 |
| Todas as plantas em conjunto | 0,716 | 0,136 | 8,943 | 0,713 |



Tabela 5.11 Valores da taxa do crescimento em volume da copa das plantas (l/ano) por procedências

| Procedência                  | Média  | Min.  | Max.      | D.P.    |
|------------------------------|--------|-------|-----------|---------|
| Ivaí (PR)                    | 7,549  | 0,276 | 146,992   | 18,146  |
| Colombo (PR)                 | 12,108 | 0,123 | 450,250   | 45,936  |
| Barão de Cotegipe (RG)       | 27,078 | 0,382 | 2.366,737 | 228,386 |
| Quedas do Iguaçu (PR)        | 47,501 | 0,164 | 4.173,024 | 387,085 |
| Cascavel (PR)                | 10,395 | 0,653 | 188,005   | 28,349  |
| Todas as plantas em conjunto | 20,902 | 0,123 | 4.173,024 | 202,824 |

As relações entre  $Ta$  e  $Tv$ ; entre  $Ta$  e  $Df$ ; e entre  $Tv$  e  $Df$  para cada procedência encontram se nas Figuras 5.4, Figura 5.5 e Figura 5.6, respectivamente. As regressões logarítmica observadas nessas figuras mostram que a correlação entre  $Ta$  e  $Tv$  foi mais alta que para as demais.

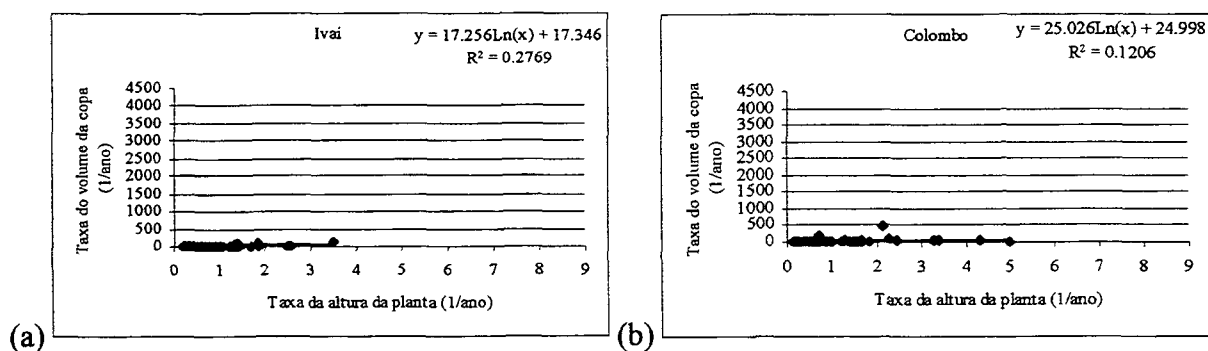


Figura 5.4 Relação entre a taxa do crescimento em altura da planta (1/ano) e a taxa do crescimento em volume da copa (1/ano): (a) Ivaí; (b) Colombo; (c) Barão de Cotegipe; (d) Quedas do Iguaçu; (e) Cascavel; (f) Todas as plantas em conjunto.

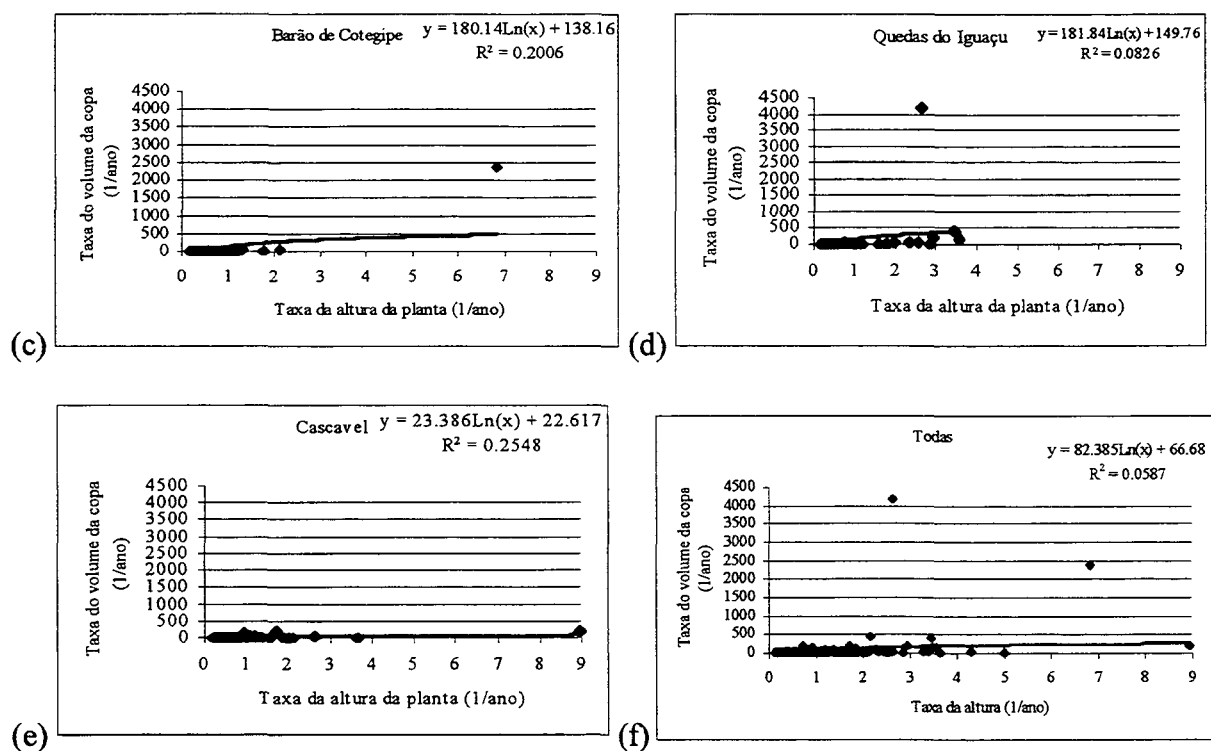


Figura 5.4 (Continuação)

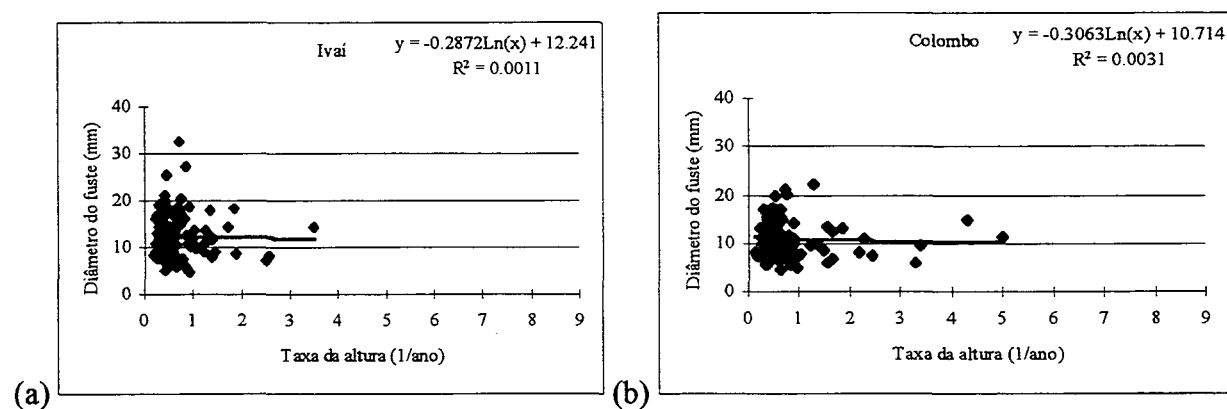


Figura 5.5 Relação entre a taxa do crescimento em altura da planta (l/ano) e do diâmetro do fuste (mm): (a) Ivai; (b) Colombo; (c) Barão de Cotegipe; (d) Quedas do Iguaçu; (e) Cascavel; (f) Todas as plantas em conjunto.

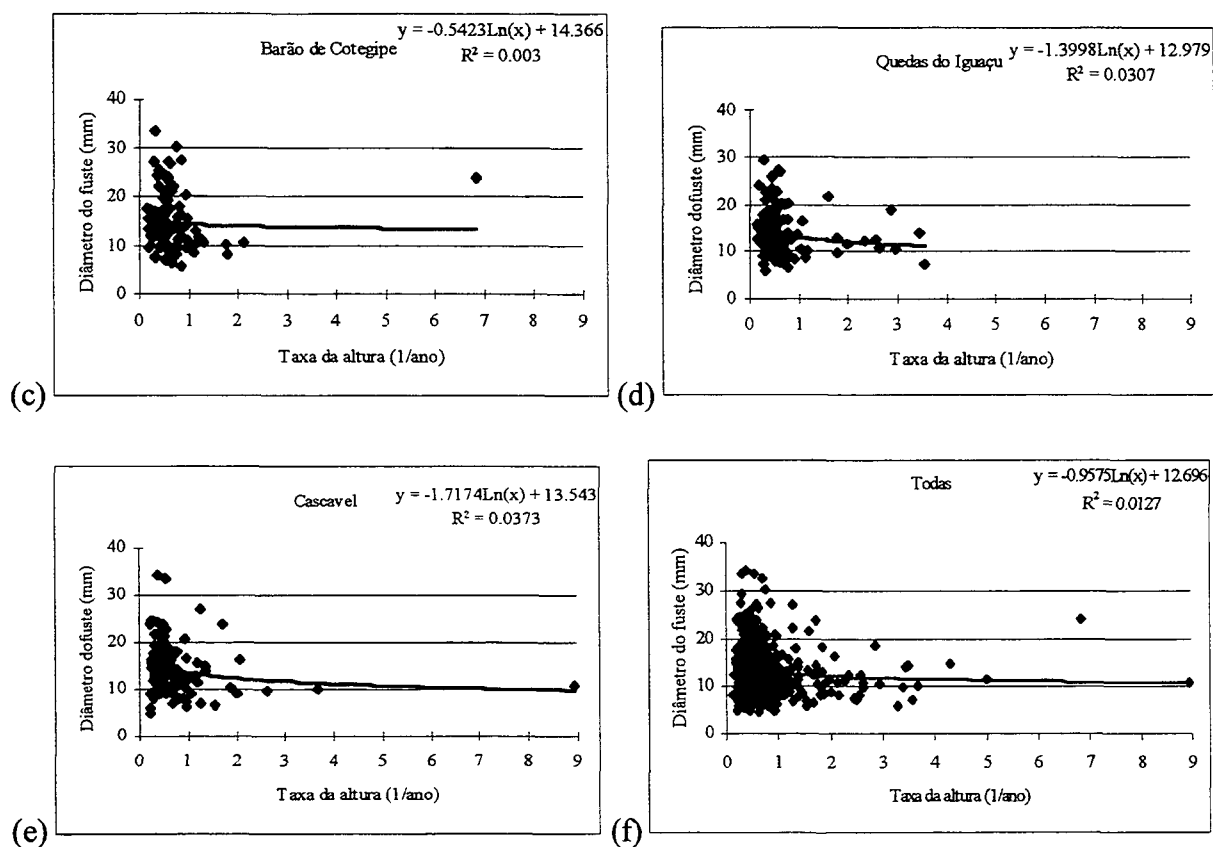


Figura 5.5 (Continuação)

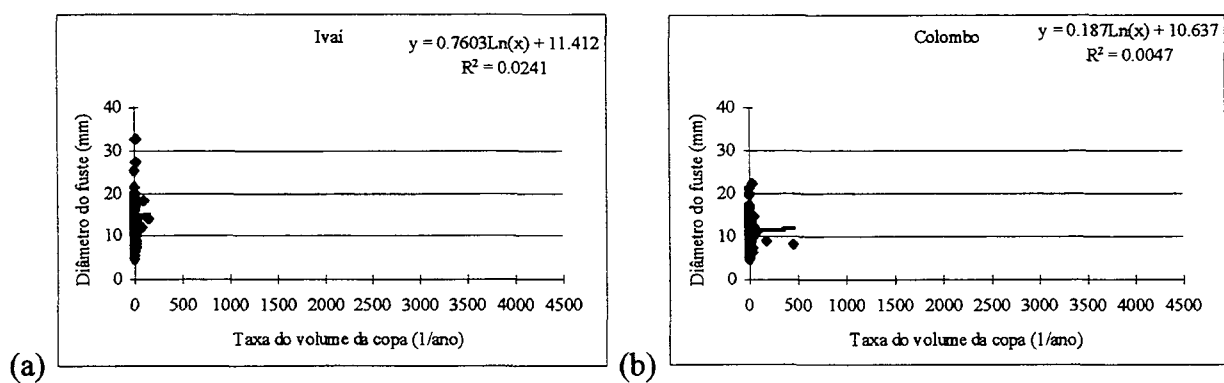


Figura 5.6 Relação entre a taxa do crescimento em volume da copa (1/ano) e do diâmetro do fuste (mm): (a) Ivaí; (b) Colombo; (c) Barão de Cotegipe; (d) Quedas do Iguaçu; (e) Cascavel; (f) Todas as plantas em conjunto.

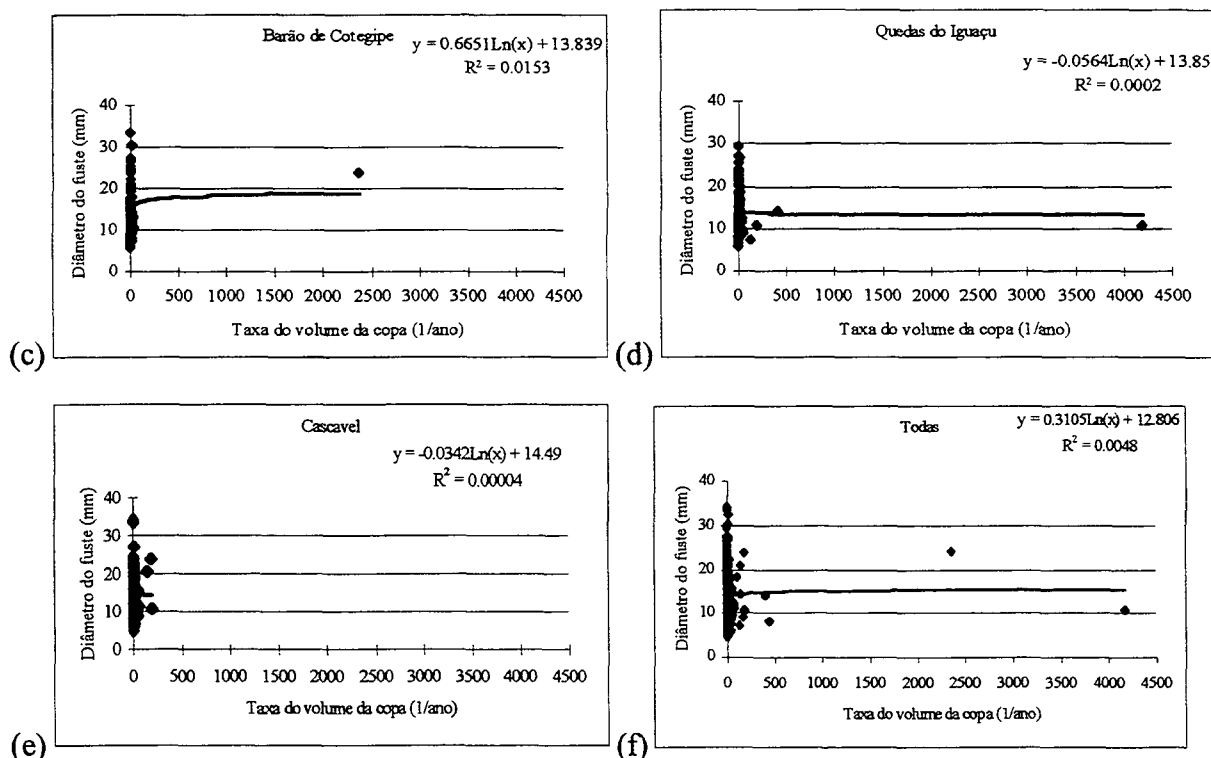


Figura 5.6 (Continuação)

Foi executada a análise de regressão múltipla da relação entre a taxa do crescimento em altura das plantas ( $Ta$ ), a taxa em volume da copa ( $Tv$ ) e  $Df$ , considerando que  $Ta$ ,  $Tv$  e  $Df$  possuem inter-relação entre si. A equação obtida na análise para todas as plantas em conjunto foi de  $Tv = 98,16 Ta + 1,53Df - 68,848$ , sendo seu coeficiente múltiplo de determinação igual a  $R^2 = 0,122$ . A mesma análise foi realizada para cada procedência (Tabela 5.12).

Comparando a Tabela 5.7 e Tabela 5.12, o valor do coeficiente múltiplo de determinação da relação entre  $Va$ ,  $Vv$  e  $Df$  para todas as plantas em conjunto foi bem maior do que o da relação entre  $Ta$ ,  $Tv$  e  $Df$  para a mesma.

Na relação entre procedências, a Barão de Cotegipe mostrou o maior valor do coeficiente múltiplo de determinação para ambas relações entre  $Va$ ,  $Vv$  e  $Df$ , e entre  $Ta$ ,  $Tv$  e  $Df$ . O maior valor do coeficiente múltiplo de determinação para taxa entre procedências foi maior

do que o para velocidade. O menor valor da relação entre  $Va$ ,  $Vv$  e  $Df$  foi para Ivaí, enquanto, para a relação entre  $Ta$ ,  $Tv$  e  $Df$  foi Colombo.

Tabela 5.12 Análise da regressão múltipla da relação entre  $Ta$ ,  $Tv$  e  $Df$ .

| Procedência       | Regressão múltipla                  | $R^2$ |
|-------------------|-------------------------------------|-------|
| Ivaí              | $Tv = 24,78 Ta + 0,59 Df - 16,48$   | 0,476 |
| Colombo           | $Tv = 19,61 Ta - 0,57 Df + 3,13$    | 0,110 |
| Barão de Cotegipe | $Tv = 286,94 Ta + 3,79 Df - 216,00$ | 0,780 |
| Quedas do Iguaçu  | $Tv = 210,19 Ta - 1,16 Df - 86,90$  | 0,123 |
| Cascavel          | $Tv = 19,94 Ta + 0,78 Df - 15,72$   | 0,425 |

## 5.2 CONDIÇÕES HÍDRICAS NO SOLO

### 5.2.1 Análise granulométrica do solo

A Tabela 5.13 mostra os resultados da análise granulométrica de cada bloquinho. Segundo a classificação da textura do solo proposta pela EMBRAPA (1999), todos os solos são classificados como argilosos.

Tabela 5.13 Resultados de análise granulométrica de cada bloquinho (%).

| Bloquinho | Argila<br>(<0,002mm) | Silte<br>(0,002 a 0,053mm) | Areia Fina<br>(0,053 a 0,25mm) | Areia Grossa<br>(0,25 a 1mm) |
|-----------|----------------------|----------------------------|--------------------------------|------------------------------|
| 1I        | 42                   | 28                         | 18                             | 12                           |
| 1II       | 44                   | 26                         | 20                             | 10                           |
| 1III      | 40                   | 34                         | 16                             | 10                           |
| 1IV       | 42                   | 28                         | 18                             | 12                           |
| 1V        | 46                   | 22                         | 20                             | 12                           |
| 1VI       | 42                   | 22                         | 22                             | 14                           |
| 1VII      | 40                   | 24                         | 22                             | 14                           |
| 1VIII     | 40                   | 24                         | 22                             | 14                           |
| 2I        | 36                   | 34                         | 18                             | 12                           |
| 2II       | 42                   | 30                         | 16                             | 12                           |
| 2III      | 46                   | 28                         | 16                             | 10                           |
| 2IV       | 40                   | 36                         | 14                             | 10                           |
| 2V        | 44                   | 24                         | 14                             | 18                           |
| 2VI       | 42                   | 22                         | 22                             | 14                           |
| 2VII      | 38                   | 28                         | 20                             | 14                           |
| 2VIII     | 44                   | 24                         | 20                             | 12                           |
| 3I        | 44                   | 26                         | 18                             | 12                           |
| 3II       | 46                   | 24                         | 18                             | 12                           |
| 3III      | 46                   | 32                         | 12                             | 10                           |
| 3IV       | 44                   | 36                         | 12                             | 8                            |
| 3V        | 42                   | 30                         | 16                             | 12                           |
| 3VI       | 44                   | 24                         | 18                             | 14                           |
| 3VII      | 40                   | 28                         | 18                             | 14                           |
| 3VIII     | 42                   | 26                         | 18                             | 14                           |
| 4I        | 40                   | 26                         | 20                             | 14                           |
| 4II       | 48                   | 18                         | 18                             | 16                           |
| 4III      | 46                   | 28                         | 14                             | 12                           |
| 4IV       | 50                   | 28                         | 14                             | 8                            |
| 4V        | 48                   | 26                         | 16                             | 10                           |
| 4VI       | 46                   | 20                         | 18                             | 16                           |
| 4VII      | 44                   | 18                         | 18                             | 20                           |
| 4VIII     | 44                   | 18                         | 22                             | 16                           |
| 5I        | 46                   | 18                         | 20                             | 16                           |
| 5II       | 46                   | 24                         | 16                             | 14                           |
| 5III      | 44                   | 36                         | 12                             | 8                            |
| 5IV       | 46                   | 32                         | 12                             | 10                           |
| 5V        | 48                   | 24                         | 18                             | 10                           |
| 5VI       | 46                   | 16                         | 24                             | 14                           |
| 5VII      | 48                   | 18                         | 22                             | 12                           |
| 5VIII     | 46                   | 18                         | 22                             | 14                           |

Tabela 5.13 (Continuação)

| Bloquinho | Argila<br>(<0,002mm) | Silte<br>(0,002 a 0,053mm) | Areia Fina<br>(0,053 a 0,25mm) | Areia Grossa<br>(0,25 a 1mm) |
|-----------|----------------------|----------------------------|--------------------------------|------------------------------|
| 6I        | 46                   | 32                         | 14                             | 8                            |
| 6II       | 46                   | 30                         | 14                             | 10                           |
| 6III      | 52                   | 24                         | 14                             | 10                           |
| 6IV       | 50                   | 22                         | 18                             | 10                           |
| 6V        | 50                   | 20                         | 18                             | 12                           |
| 6VI       | 44                   | 20                         | 22                             | 14                           |
| 6VII      | 44                   | 18                         | 22                             | 16                           |
| 6VIII     | 42                   | 14                         | 24                             | 20                           |
| 7I        | 48                   | 26                         | 16                             | 10                           |
| 7II       | 52                   | 22                         | 16                             | 10                           |
| 7III      | 46                   | 26                         | 16                             | 12                           |
| 7IV       | 38                   | 30                         | 20                             | 12                           |
| 7V        | 44                   | 22                         | 20                             | 14                           |
| 7VI       | 46                   | 20                         | 20                             | 14                           |
| 7VII      | 36                   | 14                         | 26                             | 24                           |
| 7VIII     | 34                   | 12                         | 28                             | 26                           |
| 8I        | 48                   | 22                         | 18                             | 12                           |
| 8II       | 46                   | 26                         | 16                             | 12                           |
| 8III      | 46                   | 26                         | 16                             | 12                           |
| 8IV       | 48                   | 22                         | 18                             | 12                           |
| 8V        | 42                   | 24                         | 20                             | 14                           |
| 8VI       | 40                   | 20                         | 24                             | 16                           |
| 8VII      | 36                   | 22                         | 26                             | 16                           |
| 8VIII     | 34                   | 22                         | 26                             | 18                           |
| 9I        | 48                   | 24                         | 18                             | 10                           |
| 9II       | 46                   | 26                         | 18                             | 10                           |
| 9III      | 42                   | 30                         | 18                             | 10                           |
| 9IV       | 42                   | 20                         | 24                             | 14                           |
| 9V        | 38                   | 22                         | 24                             | 16                           |
| 9VI       | 40                   | 22                         | 24                             | 14                           |
| 9VII      | 44                   | 20                         | 22                             | 14                           |
| 9VIII     | 48                   | 12                         | 24                             | 16                           |

### 5.2.2. Massa específica do solo seco

A análise das amostras não deformadas resultou nos valores da massa específica do solo seco ( $\rho_{ss}$ ). Os valores encontrados para cada bloquinho estão apresentados na Tabela 5.14.

Tabela 5.14 Valores médios da massa específica de solo seco ( $\rho_{ss}$ ) ( $\text{g/cm}^3$ ) para cada bloquinho

| Bloquinho | $\rho_{ss}$ | Bloquinho | $\rho_{ss}$ | Bloquinho | $\rho_{ss}$ |
|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|
| 1I        | 1,091       | 4I        | 1,127       | 7I        | 1,098       |
| 1II       | 1,123       | 4II       | 1,133       | 7II       | 1,034       |
| 1III      | 1,218       | 4III      | 1,097       | 7III      | 1,061       |
| 1IV       | 1,085       | 4IV       | 0,971       | 7IV       | 1,186       |
| 1V        | 1,092       | 4V        | 1,219       | 7V        | 1,156       |
| 1VI       | 1,135       | 4VI       | 1,147       | 7VI       | 1,159       |
| 1VII      | 1,189       | 4VII      | 1,216       | 7VII      | 1,354       |
| 1VIII     | 1,255       | 4VIII     | 1,287       | 7VIII     | 1,359       |
| 2I        | 1,216       | 5I        | 1,259       | 8I        | 1,103       |
| 2II       | 1,222       | 5II       | 1,096       | 8II       | 1,150       |
| 2III      | 1,054       | 5III      | 0,915       | 8III      | 1,107       |
| 2IV       | 1,310       | 5IV       | 1,107       | 8IV       | 1,171       |
| 2V        | 1,222       | 5V        | 0,996       | 8V        | 1,085       |
| 2VI       | 1,244       | 5VI       | 1,369       | 8VI       | 1,141       |
| 2VII      | 1,305       | 5VII      | 1,285       | 8VII      | 1,435       |
| 2VIII     | 1,216       | 5VIII     | 1,101       | 8VIII     | 1,337       |
| 3I        | 1,093       | 6I        | 1,028       | 9I        | 1,238       |
| 3II       | 1,146       | 6II       | 0,985       | 9II       | 1,046       |
| 3III      | 1,135       | 6III      | 1,032       | 9III      | 1,141       |
| 3IV       | 1,026       | 6IV       | 1,050       | 9IV       | 1,170       |
| 3V        | 1,175       | 6V        | 1,261       | 9V        | 1,136       |
| 3VI       | 1,248       | 6VI       | 1,195       | 9VI       | 1,093       |
| 3VII      | 1,230       | 6VII      | 1,082       | 9VII      | 1,313       |
| 3VIII     | 1,351       | 6VIII     | 1,298       | 9VIII     | 1,249       |

### 5.2.3 Resultado do SPLINTEX

Os valores utilizados para operar o SPLINTEX (PREVEDELLO, 2000) foram os dados da textura na Tabela 5.13, os valores da  $\rho_{ss}$  na Tabela 5.14, considerando que o valor da massa específica das partículas ( $\rho_p$ ) é constante, isto é,  $2,65 \text{ g/cm}^3$ . Depois da operação do SPLINTEX (PREVEDELLO, 2000), obteve-se os valores dos parâmetros que caracterizam a equação de VAN GENUCHTEN (1980), ou seja  $\alpha$ ,  $m$ ,  $n$ ,  $\theta_s$  e  $\theta_r$ . Estes resultados estão na Tabela 5.15.



Tabela 5.15 Valores dos parâmetros para equação de VAN GENUCHTEN (1980)

| Bloquinho | $\alpha(1/\text{cm})$ | $n$    | $m$    | $\theta_s(\text{cm}^3/\text{cm}^3)$ | $\theta_r(\text{cm}^3/\text{cm}^3)$ |
|-----------|-----------------------|--------|--------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| 1I        | 0,02084               | 1,7075 | 0,4143 | 0,5872                              | 0,2244                              |
| 1II       | 0,02199               | 1,7336 | 0,4232 | 0,5793                              | 0,2353                              |
| 1III      | 0,01248               | 2,0030 | 0,5008 | 0,5349                              | 0,2096                              |
| 1IV       | 0,02087               | 1,7069 | 0,4141 | 0,5895                              | 0,2252                              |
| 1V        | 0,03325               | 1,6174 | 0,3817 | 0,5965                              | 0,2462                              |
| 1VI       | 0,03897               | 1,6047 | 0,3768 | 0,584                               | 0,2154                              |
| 1VII      | 0,03453               | 1,6082 | 0,3782 | 0,5611                              | 0,1942                              |
| 1VIII     | 0,03023               | 1,6860 | 0,4069 | 0,5356                              | 0,1921                              |
| 2I        | 0,01475               | 1,8864 | 0,4699 | 0,5358                              | 0,1823                              |
| 2II       | 0,0162                | 1,8127 | 0,4483 | 0,5335                              | 0,2109                              |
| 2III      | 0,01637               | 1,8334 | 0,4546 | 0,5988                              | 0,2635                              |
| 2IV       | 0,01106               | 2,0458 | 0,5112 | 0,4985                              | 0,1967                              |
| 2V        | 0,05157               | 1,3713 | 0,2708 | 0,5387                              | 0,1659                              |
| 2VI       | 0,03808               | 1,6097 | 0,3788 | 0,5423                              | 0,1998                              |
| 2VII      | 0,0253                | 1,6366 | 0,389  | 0,5101                              | 0,1659                              |
| 2VIII     | 0,0284                | 1,6431 | 0,3914 | 0,547                               | 0,2152                              |
| 3I        | 0,02389               | 1,6593 | 0,3973 | 0,5887                              | 0,2333                              |
| 3II       | 0,02755               | 1,6214 | 0,3833 | 0,5911                              | 0,2434                              |
| 3III      | 0,01179               | 1,9694 | 0,4922 | 0,5624                              | 0,2546                              |
| 3IV       | 0,00995               | 2,1261 | 0,5297 | 0,6054                              | 0,2672                              |
| 3V        | 0,01634               | 1,8084 | 0,447  | 0,551                               | 0,2178                              |
| 3VI       | 0,03237               | 1,5604 | 0,3591 | 0,5347                              | 0,2014                              |
| 3VII      | 0,02387               | 1,6345 | 0,3882 | 0,5357                              | 0,1858                              |
| 3VIII     | 0,02699               | 1,6003 | 0,3751 | 0,4928                              | 0,1779                              |
| 4I        | 0,03015               | 1,5940 | 0,3726 | 0,5801                              | 0,1981                              |
| 4II       | 0,06203               | 1,5010 | 0,3338 | 0,593                               | 0,2443                              |
| 4III      | 0,01671               | 1,7761 | 0,437  | 0,5787                              | 0,2519                              |
| 4IV       | 0,01327               | 1,9794 | 0,4948 | 0,6295                              | 0,3107                              |
| 4V        | 0,01787               | 1,7852 | 0,4399 | 0,5383                              | 0,2445                              |
| 4VI       | 0,11849               | 1,2361 | 0,191  | 0,6092                              | 0,1129                              |
| 4VII      | 0,09014               | 1,4510 | 0,3108 | 0,5746                              | 0,2025                              |
| 4VIII     | 0,05131               | 1,6183 | 0,3821 | 0,5321                              | 0,2091                              |
| 5I        | 0,05518               | 1,5632 | 0,3603 | 0,5433                              | 0,2193                              |
| 5II       | 0,03194               | 1,5326 | 0,3475 | 0,5898                              | 0,2318                              |
| 5III      | 0,00486               | 1,4222 | 0,2969 | 0,6133                              | 0,0546                              |
| 5IV       | 0,02462               | 1,2665 | 0,2104 | 0,5899                              | 0,08                                |
| 5V        | 0,02364               | 1,6934 | 0,4095 | 0,6269                              | 0,2788                              |
| 5VI       | 0,04393               | 1,7571 | 0,4309 | 0,4979                              | 0,2149                              |
| 5VII      | 0,03852               | 1,6929 | 0,4093 | 0,5272                              | 0,2346                              |
| 5VIII     | 0,12418               | 1,2499 | 0,2    | 0,6345                              | 0,1226                              |
| 6I        | 0,00278               | 1,3252 | 0,2454 | 0,548                               | 0,0556                              |
| 6II       | 0,00735               | 2,3860 | 0,5809 | 0,6153                              | 0,0125                              |
| 6III      | 0,05001               | 1,2150 | 0,1769 | 0,629                               | 0,1214                              |
| 6IV       | 0,02666               | 1,6676 | 0,4003 | 0,6084                              | 0,2814                              |

Tabela 5.15 (Continuação)

| Bloquinho | $\alpha(1/\text{cm})$ | $n$    | $m$    | $\theta_s(\text{cm}^3/\text{cm}^3)$ | $\theta_r(\text{cm}^3/\text{cm}^3)$ |
|-----------|-----------------------|--------|--------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| 6V        | 0,035                 | 1,5966 | 0,3737 | 0,5321                              | 0,2399                              |
| 6VI       | 0,04225               | 1,6195 | 0,3825 | 0,563                               | 0,2213                              |
| 6VII      | 0,12935               | 1,2751 | 0,2157 | 0,6456                              | 0,1327                              |
| 6VIII     | 0,08586               | 1,2638 | 0,2087 | 0,5249                              | 0,0578                              |
| 7I        | 0,01829               | 1,7744 | 0,4364 | 0,5838                              | 0,2651                              |
| 7II       | 0,02484               | 1,6585 | 0,397  | 0,6119                              | 0,2954                              |
| 7III      | 0,02181               | 1,6717 | 0,4018 | 0,5977                              | 0,251                               |
| 7IV       | 0,01984               | 1,7439 | 0,4266 | 0,5524                              | 0,1898                              |
| 7V        | 0,03907               | 1,5670 | 0,3618 | 0,5747                              | 0,2193                              |
| 7VI       | 0,04368               | 1,5726 | 0,3641 | 0,5759                              | 0,2336                              |
| 7VII      | 0,06861               | 1,7753 | 0,4367 | 0,5185                              | 0,1709                              |
| 7VIII     | 0,06654               | 1,9101 | 0,4765 | 0,5155                              | 0,1648                              |
| 8I        | 0,03165               | 1,5995 | 0,3748 | 0,5898                              | 0,2539                              |
| 8II       | 0,02137               | 1,6799 | 0,4047 | 0,5642                              | 0,2372                              |
| 8III      | 0,02159               | 1,6756 | 0,4032 | 0,5804                              | 0,2438                              |
| 8IV       | 0,08293               | 1,2243 | 0,1832 | 0,5903                              | 0,1037                              |
| 8V        | 0,03477               | 1,5725 | 0,3641 | 0,5988                              | 0,2158                              |
| 8VI       | 0,04794               | 1,6244 | 0,3844 | 0,5876                              | 0,2077                              |
| 8VII      | 0,04024               | 1,6647 | 0,3993 | 0,4728                              | 0,1488                              |
| 8VIII     | 0,07476               | 1,3240 | 0,2447 | 0,5272                              | 0,0561                              |
| 9I        | 0,0224                | 1,7139 | 0,4166 | 0,5354                              | 0,2383                              |
| 9II       | 0,02051               | 1,7420 | 0,4259 | 0,6061                              | 0,2601                              |
| 9III      | 0,01611               | 1,8560 | 0,4612 | 0,5676                              | 0,2265                              |
| 9IV       | 0,04161               | 1,6616 | 0,3982 | 0,5735                              | 0,2176                              |
| 9V        | 0,04481               | 1,6006 | 0,3752 | 0,588                               | 0,1923                              |
| 9VI       | 0,03942               | 1,6355 | 0,3886 | 0,6017                              | 0,2131                              |
| 9VII      | 0,0409                | 1,6283 | 0,3859 | 0,5174                              | 0,2035                              |
| 9VIII     | 0,08392               | 1,2150 | 0,177  | 0,5376                              | 0,0543                              |

#### 5.2.4. Variação anual das condições hídricas no solo

Todos os valores da umidade gravimétrica ( $u$ ) obtidos no monitoramento, no período de 02/08/1999 até dia 31/07/2000 estão na Tabela A2.1 no Anexo 2. O resultado da análise estatística dos dados está na Tabela 5.16. Para compará-lo com outros resultados da tensão, usou-se o coeficiente de variação (CV) adimensional.

Tabela 5.16 A umidade gravimétrica (g/g) no período de 02/08/1999 até 31/07/2000 para cada bloquinho.

| Bloquinho | Média | Min.  | Max.  | D.P.  | CV    |
|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1I        | 0,367 | 0,243 | 0,520 | 0,079 | 0,215 |
| 1II       | 0,356 | 0,180 | 0,507 | 0,075 | 0,211 |
| 1III      | 0,395 | 0,244 | 0,545 | 0,080 | 0,203 |
| 1IV       | 0,389 | 0,203 | 0,711 | 0,100 | 0,257 |
| 1V        | 0,350 | 0,189 | 0,514 | 0,079 | 0,225 |
| 1VI       | 0,340 | 0,193 | 0,466 | 0,072 | 0,211 |
| 1VII      | 0,348 | 0,209 | 0,482 | 0,074 | 0,213 |
| 1VIII     | 0,341 | 0,201 | 0,448 | 0,069 | 0,203 |
| 2I        | 0,384 | 0,223 | 0,537 | 0,084 | 0,217 |
| 2II       | 0,386 | 0,239 | 0,530 | 0,076 | 0,196 |
| 2III      | 0,409 | 0,215 | 0,590 | 0,104 | 0,255 |
| 2IV       | 0,402 | 0,232 | 0,526 | 0,087 | 0,217 |
| 2V        | 0,366 | 0,204 | 0,471 | 0,076 | 0,208 |
| 2VI       | 0,346 | 0,189 | 0,485 | 0,073 | 0,212 |
| 2VII      | 0,360 | 0,191 | 0,577 | 0,094 | 0,262 |
| 2VIII     | 0,341 | 0,177 | 0,460 | 0,080 | 0,234 |
| 3I        | 0,363 | 0,199 | 0,504 | 0,083 | 0,228 |
| 3II       | 0,389 | 0,207 | 0,550 | 0,086 | 0,222 |
| 3III      | 0,432 | 0,254 | 0,677 | 0,108 | 0,25  |
| 3IV       | 0,452 | 0,260 | 0,640 | 0,089 | 0,196 |
| 3V        | 0,389 | 0,260 | 0,527 | 0,078 | 0,202 |
| 3VI       | 0,354 | 0,181 | 0,488 | 0,078 | 0,22  |
| 3VII      | 0,355 | 0,216 | 0,470 | 0,067 | 0,19  |
| 3VIII     | 0,342 | 0,202 | 0,451 | 0,060 | 0,175 |
| 4I        | 0,365 | 0,211 | 0,503 | 0,073 | 0,2   |
| 4II       | 0,358 | 0,234 | 0,553 | 0,103 | 0,288 |
| 4III      | 0,453 | 0,277 | 0,627 | 0,085 | 0,188 |
| 4IV       | 0,470 | 0,161 | 0,667 | 0,111 | 0,235 |
| 4V        | 0,437 | 0,237 | 0,571 | 0,088 | 0,201 |
| 4VI       | 0,354 | 0,192 | 0,477 | 0,070 | 0,199 |
| 4VII      | 0,337 | 0,202 | 0,504 | 0,070 | 0,209 |
| 4VIII     | 0,329 | 0,215 | 0,444 | 0,063 | 0,192 |
| 5I        | 0,342 | 0,214 | 0,477 | 0,068 | 0,199 |
| 5II       | 0,437 | 0,277 | 0,586 | 0,075 | 0,171 |
| 5III      | 0,520 | 0,293 | 0,689 | 0,103 | 0,199 |
| 5IV       | 0,466 | 0,263 | 0,596 | 0,080 | 0,171 |
| 5V        | 0,426 | 0,221 | 0,565 | 0,086 | 0,203 |
| 5VI       | 0,344 | 0,204 | 0,484 | 0,079 | 0,228 |
| 5VII      | 0,353 | 0,182 | 0,472 | 0,070 | 0,199 |
| 5VIII     | 0,343 | 0,191 | 0,440 | 0,067 | 0,197 |
| 6I        | 0,533 | 0,291 | 0,734 | 0,106 | 0,198 |
| 6II       | 0,520 | 0,304 | 0,677 | 0,103 | 0,198 |
| 6III      | 0,470 | 0,297 | 0,640 | 0,087 | 0,185 |

Tabela 5.16 (Continuação)

| Bloquinho    | Média        | Mín.         | Max.         | D.P.         | CV           |
|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| 6IV          | 0,440        | 0,232        | 0,574        | 0,077        | 0,175        |
| 6V           | 0,379        | 0,236        | 0,504        | 0,069        | 0,183        |
| 6VI          | 0,358        | 0,191        | 0,489        | 0,073        | 0,204        |
| 6VII         | 0,347        | 0,201        | 0,456        | 0,068        | 0,196        |
| 6VIII        | 0,318        | 0,140        | 0,434        | 0,078        | 0,246        |
| 7I           | 0,444        | 0,311        | 0,640        | 0,087        | 0,195        |
| 7II          | 0,472        | 0,332        | 0,672        | 0,098        | 0,208        |
| 7III         | 0,440        | 0,212        | 0,614        | 0,095        | 0,217        |
| 7IV          | 0,418        | 0,273        | 0,578        | 0,081        | 0,193        |
| 7V           | 0,390        | 0,235        | 0,512        | 0,073        | 0,188        |
| 7VI          | 0,387        | 0,229        | 0,532        | 0,084        | 0,216        |
| 7VII         | 0,319        | 0,175        | 0,620        | 0,090        | 0,281        |
| 7VIII        | 0,288        | 0,157        | 0,390        | 0,059        | 0,205        |
| 8I           | 0,417        | 0,268        | 0,523        | 0,075        | 0,18         |
| 8II          | 0,432        | 0,249        | 0,606        | 0,086        | 0,199        |
| 8III         | 0,444        | 0,265        | 0,568        | 0,080        | 0,181        |
| 8IV          | 0,453        | 0,262        | 0,621        | 0,095        | 0,21         |
| 8V           | 0,425        | 0,223        | 0,882        | 0,127        | 0,299        |
| 8VI          | 0,382        | 0,247        | 0,517        | 0,069        | 0,179        |
| 8VII         | 0,325        | 0,155        | 0,405        | 0,060        | 0,186        |
| 8VIII        | 0,327        | 0,164        | 0,422        | 0,065        | 0,200        |
| 9I           | 0,389        | 0,229        | 0,500        | 0,071        | 0,183        |
| 9II          | 0,423        | 0,260        | 0,623        | 0,084        | 0,200        |
| 9III         | 0,417        | 0,121        | 0,556        | 0,106        | 0,254        |
| 9IV          | 0,399        | 0,248        | 0,510        | 0,062        | 0,155        |
| 9V           | 0,393        | 0,211        | 0,720        | 0,099        | 0,252        |
| 9VI          | 0,369        | 0,251        | 0,462        | 0,060        | 0,164        |
| 9VII         | 0,337        | 0,220        | 0,420        | 0,057        | 0,17         |
| 9VIII        | 0,301        | 0,112        | 0,430        | 0,069        | 0,231        |
| <b>Média</b> | <b>0,390</b> | <b>0,222</b> | <b>0,544</b> | <b>0,081</b> | <b>0,209</b> |

Os dados mostrados na Tabela A2.1 no Anexo 2 foram transformados para os dados de umidade volumétrica ( $\theta$ ) com os valores da  $\rho_{ss}$  listados Tabela 5.14. Os resultados desta transformação estão na Tabela A2.2 no Anexo 2. A Tabela 5.17 mostra a análise estatística dos valores médios da  $\theta$  que foram obtidos ao longo do monitoramento.

Tabela 5.17 Umidade volumétrica ( $\text{cm}^3/\text{cm}^3$ ) no período de 02/08/1999 até 31/07/2000 para cada bloquinho.

| Bloquinho | Média | Min.  | Max.  | D.P.  | C.V.  |
|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1I        | 0,400 | 0,265 | 0,567 | 0,086 | 0,215 |
| 1II       | 0,399 | 0,203 | 0,570 | 0,084 | 0,211 |
| 1III      | 0,481 | 0,297 | 0,664 | 0,098 | 0,203 |
| 1IV       | 0,422 | 0,221 | 0,771 | 0,109 | 0,257 |
| 1V        | 0,383 | 0,207 | 0,561 | 0,086 | 0,225 |
| 1VI       | 0,386 | 0,219 | 0,529 | 0,081 | 0,211 |
| 1VII      | 0,414 | 0,249 | 0,573 | 0,088 | 0,213 |
| 1VIII     | 0,428 | 0,252 | 0,563 | 0,087 | 0,203 |
| 2I        | 0,468 | 0,272 | 0,653 | 0,102 | 0,217 |
| 2II       | 0,472 | 0,292 | 0,647 | 0,093 | 0,196 |
| 2III      | 0,431 | 0,226 | 0,622 | 0,110 | 0,255 |
| 2IV       | 0,527 | 0,305 | 0,689 | 0,114 | 0,217 |
| 2V        | 0,447 | 0,249 | 0,575 | 0,093 | 0,208 |
| 2VI       | 0,431 | 0,236 | 0,603 | 0,091 | 0,212 |
| 2VII      | 0,470 | 0,249 | 0,752 | 0,123 | 0,262 |
| 2VIII     | 0,414 | 0,216 | 0,560 | 0,097 | 0,234 |
| 3I        | 0,397 | 0,217 | 0,551 | 0,090 | 0,228 |
| 3II       | 0,445 | 0,237 | 0,630 | 0,099 | 0,222 |
| 3III      | 0,491 | 0,289 | 0,769 | 0,123 | 0,250 |
| 3IV       | 0,464 | 0,267 | 0,656 | 0,091 | 0,196 |
| 3V        | 0,457 | 0,305 | 0,619 | 0,092 | 0,202 |
| 3VI       | 0,442 | 0,226 | 0,609 | 0,097 | 0,220 |
| 3VII      | 0,437 | 0,266 | 0,579 | 0,083 | 0,190 |
| 3VIII     | 0,462 | 0,273 | 0,609 | 0,081 | 0,175 |
| 4I        | 0,411 | 0,238 | 0,567 | 0,082 | 0,200 |
| 4II       | 0,406 | 0,265 | 0,627 | 0,086 | 0,212 |
| 4III      | 0,497 | 0,304 | 0,687 | 0,093 | 0,188 |
| 4IV       | 0,456 | 0,157 | 0,647 | 0,107 | 0,235 |
| 4V        | 0,533 | 0,289 | 0,697 | 0,107 | 0,201 |
| 4VI       | 0,406 | 0,221 | 0,547 | 0,081 | 0,199 |
| 4VII      | 0,410 | 0,246 | 0,612 | 0,086 | 0,209 |
| 4VIII     | 0,424 | 0,276 | 0,571 | 0,081 | 0,192 |
| 5I        | 0,430 | 0,269 | 0,601 | 0,086 | 0,199 |
| 5II       | 0,479 | 0,304 | 0,642 | 0,082 | 0,171 |
| 5III      | 0,475 | 0,269 | 0,630 | 0,095 | 0,199 |
| 5IV       | 0,516 | 0,291 | 0,661 | 0,088 | 0,171 |
| 5V        | 0,424 | 0,220 | 0,563 | 0,086 | 0,203 |
| 5VI       | 0,472 | 0,279 | 0,663 | 0,108 | 0,228 |
| 5VII      | 0,453 | 0,234 | 0,607 | 0,090 | 0,199 |
| 5VIII     | 0,378 | 0,210 | 0,485 | 0,074 | 0,197 |
| 6I        | 0,548 | 0,299 | 0,754 | 0,109 | 0,198 |
| 6II       | 0,512 | 0,300 | 0,667 | 0,101 | 0,198 |
| 6III      | 0,484 | 0,306 | 0,660 | 0,090 | 0,185 |

Tabela 5.17 (Continuação)

| Bloquinho    | Média        | Mín.         | Max.         | D.P.         | C.V.         |
|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| 6IV          | 0,462        | 0,244        | 0,602        | 0,081        | 0,175        |
| 6V           | 0,478        | 0,298        | 0,635        | 0,087        | 0,183        |
| 6VI          | 0,427        | 0,228        | 0,584        | 0,087        | 0,204        |
| 6VII         | 0,376        | 0,217        | 0,494        | 0,074        | 0,196        |
| 6VIII        | 0,413        | 0,182        | 0,564        | 0,101        | 0,246        |
| 7I           | 0,488        | 0,342        | 0,703        | 0,095        | 0,195        |
| 7II          | 0,489        | 0,343        | 0,695        | 0,101        | 0,208        |
| 7III         | 0,467        | 0,225        | 0,651        | 0,101        | 0,217        |
| 7IV          | 0,496        | 0,323        | 0,685        | 0,096        | 0,193        |
| 7V           | 0,450        | 0,272        | 0,591        | 0,085        | 0,188        |
| 7VI          | 0,448        | 0,265        | 0,616        | 0,097        | 0,216        |
| 7VII         | 0,431        | 0,237        | 0,840        | 0,121        | 0,281        |
| 7VIII        | 0,391        | 0,214        | 0,530        | 0,080        | 0,205        |
| 8I           | 0,460        | 0,296        | 0,577        | 0,083        | 0,180        |
| 8II          | 0,497        | 0,286        | 0,697        | 0,099        | 0,199        |
| 8III         | 0,492        | 0,293        | 0,628        | 0,089        | 0,181        |
| 8IV          | 0,530        | 0,306        | 0,727        | 0,112        | 0,210        |
| 8V           | 0,461        | 0,242        | 0,958        | 0,138        | 0,299        |
| 8VI          | 0,436        | 0,281        | 0,589        | 0,078        | 0,179        |
| 8VII         | 0,466        | 0,222        | 0,582        | 0,086        | 0,186        |
| 8VIII        | 0,437        | 0,219        | 0,564        | 0,087        | 0,200        |
| 9I           | 0,481        | 0,284        | 0,619        | 0,088        | 0,183        |
| 9II          | 0,442        | 0,272        | 0,652        | 0,088        | 0,200        |
| 9III         | 0,476        | 0,138        | 0,634        | 0,121        | 0,254        |
| 9IV          | 0,467        | 0,290        | 0,597        | 0,072        | 0,155        |
| 9V           | 0,446        | 0,239        | 0,818        | 0,112        | 0,252        |
| 9VI          | 0,404        | 0,275        | 0,504        | 0,066        | 0,164        |
| 9VII         | 0,443        | 0,289        | 0,551        | 0,075        | 0,170        |
| 9VIII        | 0,375        | 0,139        | 0,537        | 0,087        | 0,231        |
| <b>Média</b> | <b>0,450</b> | <b>0,257</b> | <b>0,628</b> | <b>0,093</b> | <b>0,208</b> |

Os valores da  $\theta$  na Tabela A2.2 no Anexo 2 foram transformados para a tensão da água no solo ( $|\psi|$ ) com a equação de VAN GENUCHTEN (1980) (equação (4.12)) e os dados de  $\alpha$ ,  $m$ ,  $\theta_s$  e  $\theta_r$  da Tabela 5.15. Os resultados desta transformação estão na Tabela A2.3 no Anexo 2. A Tabela 5.18 mostra a análise estatística dos valores médios de  $|\psi|$  ao longo do monitoramento. Devido à conveniência de cálculo, considerou-se que o valor de ponto de murcha permanente é de 15.000 cmH<sub>2</sub>O. Conseqüentemente, o valor máximo da  $|\psi|$  torna-se este valor.

Tabela 5.18 Tensão da água no solo (cmH<sub>2</sub>O) no período de 02/08/1999 até 31/07/2000 para cada bloquinho.

| Bloquinho | Média   | Min.  | Max.       | D.P.    | CV    |
|-----------|---------|-------|------------|---------|-------|
| 1I        | 100,614 | 2,822 | 379,658    | 121,76  | 1,210 |
| 1II       | 690,879 | 1,318 | 15.000,000 | 2985    | 4,321 |
| 1III      | 37,368  | 0     | 216,499    | 58,2202 | 1,547 |
| 1IV       | 689,047 | 0     | 15.000,000 | 3049,29 | 4,425 |
| 1V        | 738,099 | 3,356 | 15.000,000 | 2988,56 | 4,049 |
| 1VI       | 154,969 | 4,509 | 2.887,828  | 570,476 | 3,681 |
| 1VII      | 36,3526 | 0     | 165,489    | 48,9494 | 1,347 |
| 1VIII     | 27,9075 | 0     | 156,073    | 40,0708 | 1,436 |
| 2I        | 34,6065 | 0     | 200,128    | 51,3904 | 1,485 |
| 2II       | 33,4153 | 0     | 182,936    | 55,6997 | 1,667 |
| 2III      | 2454,89 | 0     | 15.000,000 | 5588,47 | 2,276 |
| 2IV       | 23,392  | 0     | 162,662    | 48,821  | 2,087 |
| 2V        | 11,7165 | 0     | 67,7329    | 17,501  | 1,494 |
| 2VI       | 31,6531 | 0     | 224,139    | 58,6247 | 1,852 |
| 2VII      | 17,6917 | 0     | 123,948    | 29,0529 | 1,642 |
| 2VIII     | 961,546 | 0     | 15.000,000 | 4296,36 | 4,468 |
| 3I        | 1308,46 | 5,021 | 15.000,000 | 4132,9  | 3,159 |
| 3II       | 642,758 | 0     | 15.000,000 | 2991,7  | 4,654 |
| 3III      | 98,7046 | 0     | 683,0097   | 175,38  | 1,777 |
| 3IV       | 725,107 | 0     | 15.000,000 | 2980,63 | 4,111 |
| 3V        | 42,8031 | 0     | 171,434    | 51,6013 | 1,206 |
| 3VI       | 34,4309 | 0     | 383,261    | 78,6979 | 2,286 |
| 3VII      | 27,8011 | 0     | 141,272    | 37,8587 | 1,362 |
| 3VIII     | 10,6169 | 0     | 85,962     | 19,4329 | 1,830 |
| 4I        | 48,2912 | 1,197 | 288,280    | 72,4106 | 1,499 |
| 4II       | 42,7581 | 0     | 259,885    | 65,4584 | 1,531 |
| 4III      | 45,7566 | 0     | 317,152    | 80,6175 | 1,762 |
| 4IV       | 1396,02 | 0     | 15.000,000 | 4125,13 | 2,955 |
| 4V        | 28,4503 | 0     | 311,568    | 71,0631 | 2,498 |
| 4VI       | 7,32313 | 1,199 | 30,4563    | 6,19977 | 0,847 |
| 4VII      | 15,5935 | 0     | 84,783     | 20,4349 | 1,310 |
| 4VIII     | 17,1857 | 0     | 74,333     | 21,906  | 1,275 |
| 5I        | 18,0156 | 0     | 100,117    | 24,715  | 1,372 |
| 5II       | 21,6619 | 0     | 124,090    | 26,6679 | 1,231 |
| 5III      | 84,2523 | 0     | 331,573    | 79,5742 | 0,944 |
| 5IV       | 9,95913 | 0     | 57,338     | 13,3142 | 1,337 |
| 5V        | 1858,56 | 9,524 | 15.000,000 | 4953,35 | 2,665 |
| 5VI       | 12,1643 | 0     | 77,800     | 21,7929 | 1,792 |
| 5VII      | 614,535 | 0     | 15.000,000 | 2997,07 | 4,877 |
| 5VIII     | 10,2695 | 3,336 | 39,046     | 8,35267 | 0,813 |
| 6I        | 46,6386 | 0     | 366,6559   | 94,9243 | 2,035 |
| 6II       | 37,4929 | 0     | 149,5665   | 42,189  | 1,125 |
| 6III      | 10,1562 | 0     | 34,96341   | 9,49368 | 0,935 |

Tabela 5.18 (Continuação)

| Bloquinho    | Média          | Min.         | Max.             | D.P.           | CV           |
|--------------|----------------|--------------|------------------|----------------|--------------|
| 6IV          | 640,831        | 0,691        | 15000,000        | 2991,95        | 4,669        |
| 6V           | 16,9201        | 0            | 116,2417         | 30,0114        | 1,774        |
| 6VI          | 69,3298        | 0            | 1104,007         | 219,313        | 3,163        |
| 6VII         | 11,008         | 3,25         | 39,0675          | 8,98666        | 0,816        |
| 6VIII        | 5,64394        | 0            | 32,21184         | 7,39258        | 1,31         |
| 7I           | 46,1894        | 0            | 171,5666         | 57,6624        | 1,248        |
| 7II          | 56,4591        | 0            | 227,2783         | 68,1786        | 1,208        |
| 7III         | 639,625        | 0            | 15000,000        | 2992,15        | 4,678        |
| 7IV          | 17,944         | 0            | 86,47089         | 22,8658        | 1,274        |
| 7V           | 24,8587        | 0            | 147,9674         | 36,726         | 1,477        |
| 7VI          | 30,1429        | 0            | 224,3356         | 48,0032        | 1,593        |
| 7VII         | 10,5668        | 0            | 62,42732         | 15,0847        | 1,428        |
| 7VIII        | 14,751         | 0            | 91,97449         | 22,145         | 1,501        |
| 8I           | 38,3186        | 1,261        | 221,9876         | 56,3696        | 1,471        |
| 8II          | 30,5829        | 0            | 266,3381         | 57,2139        | 1,871        |
| 8III         | 35,6687        | 0            | 268,0896         | 62,9453        | 1,765        |
| 8IV          | 3,29541        | 0            | 16,89151         | 4,91665        | 1,492        |
| 8V           | 43,1575        | 0            | 394,1244         | 82,4254        | 1,910        |
| 8VI          | 19,8228        | 0            | 86,61108         | 19,9244        | 1,005        |
| 8VII         | 6,38483        | 0            | 84,64121         | 17,7216        | 2,776        |
| 8VIII        | 4,49808        | 0            | 25,25715         | 5,88138        | 1,308        |
| 9I           | 26,0013        | 0            | 248,1493         | 51,5076        | 1,981        |
| 9II          | 118,861        | 0            | 1324,732         | 264,401        | 2,224        |
| 9III         | 47,0737        | 0            | 318,4589         | 88,5153        | 1,880        |
| 9IV          | 15,1052        | 0            | 94,7033          | 19,611         | 1,298        |
| 9V           | 24,5611        | 0            | 165,194          | 37,3217        | 1,520        |
| 9VI          | 38,0928        | 8,481        | 134,8158         | 37,7995        | 0,992        |
| 9VII         | 12,7644        | 0            | 65,73765         | 17,4671        | 1,368        |
| 9VIII        | 8,8968         | 0,007        | 55,72527         | 10,8242        | 1,290        |
| <b>Média</b> | <b>209,104</b> | <b>0,637</b> | <b>2.916,037</b> | <b>684,205</b> | <b>2,004</b> |

Os valores do coeficiente de variação para  $u$ ,  $\theta$  e  $|\psi|$  foram 0,209, 0,208, e 2,004, respectivamente. Nota-se claramente que este valor é bem elevado para a  $|\psi|$  comparado com os valores da umidade gravimétrica e volumétrica.

As variações temporais da  $|\psi|$  de todos os blocos se encontram na Figuras 5.4. As variações das  $u$  e  $\theta$  possuem comportamentos contrários ao da  $|\psi|$ .



Analisando a Figura 5.7 observou-se que a amplitude de variação dos valores de  $|\psi|$  tende a ser maior no período de 02/05 a 31/07/2000 verificando-se tal comportamento na maioria dos blocos. Entretanto alguns blocos apresentaram diferenças nesse comportamento.

Observando os gráficos da Figura 5.7 durante o período todo, verifica-se diferenças de comportamento dos valores de  $|\psi|$  entre bloquinhos de um mesmo bloco, e entre blocos.

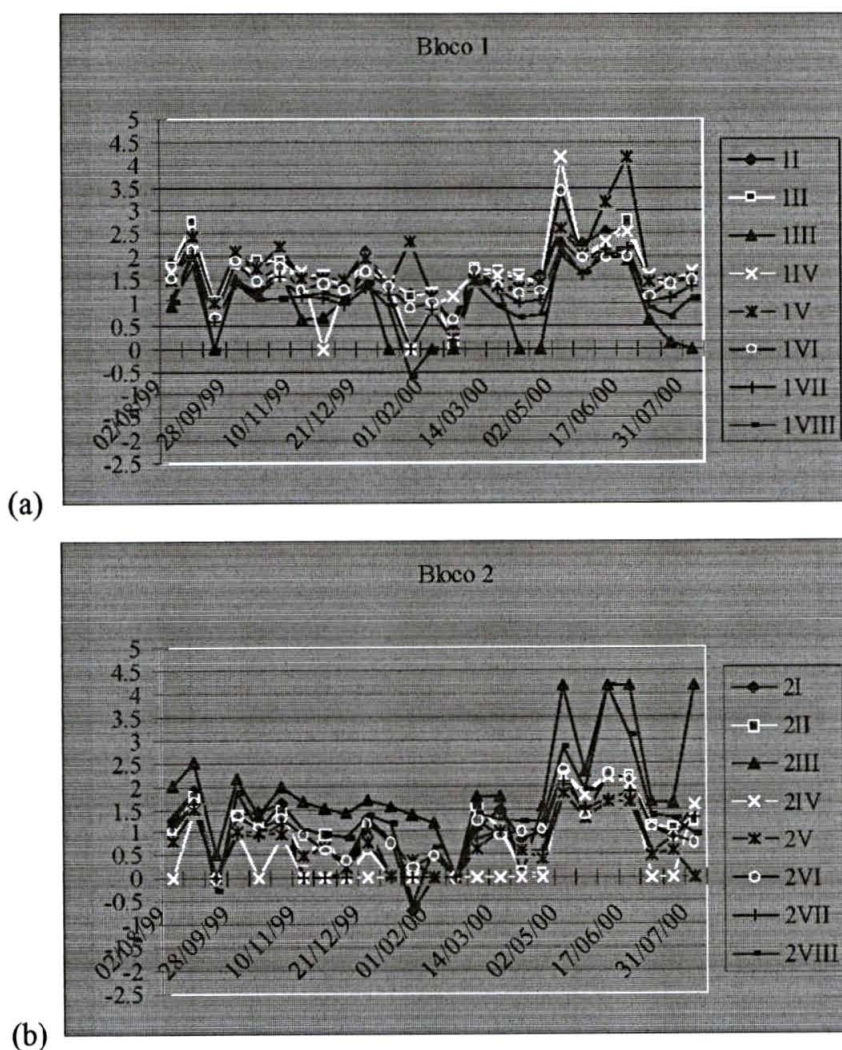


Figura 5.7 Variação temporal da tensão da água no solo; (a) Bloco 1; (b) Bloco 2; (c) Bloco 3; (d) Bloco 4; (e) Bloco 5; (f) Bloco 6; (g) Bloco 7; (h) Bloco 8; (i) Bloco 9.

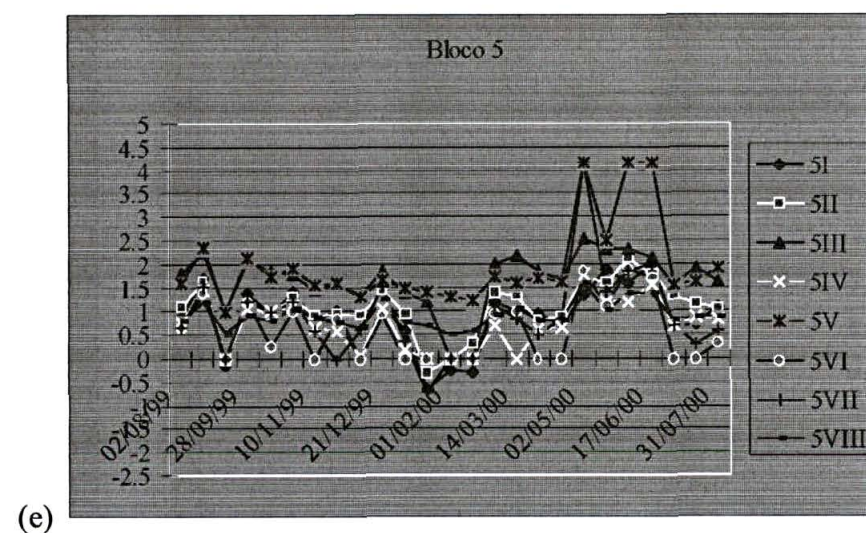
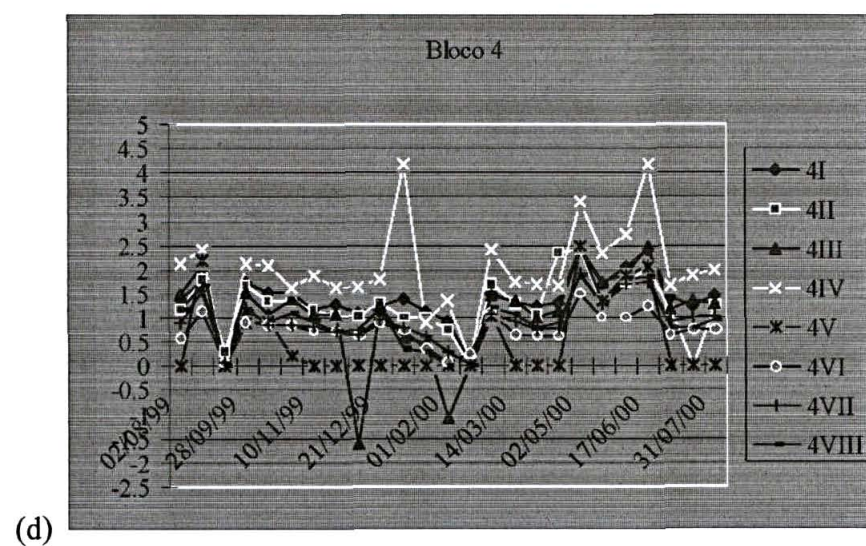
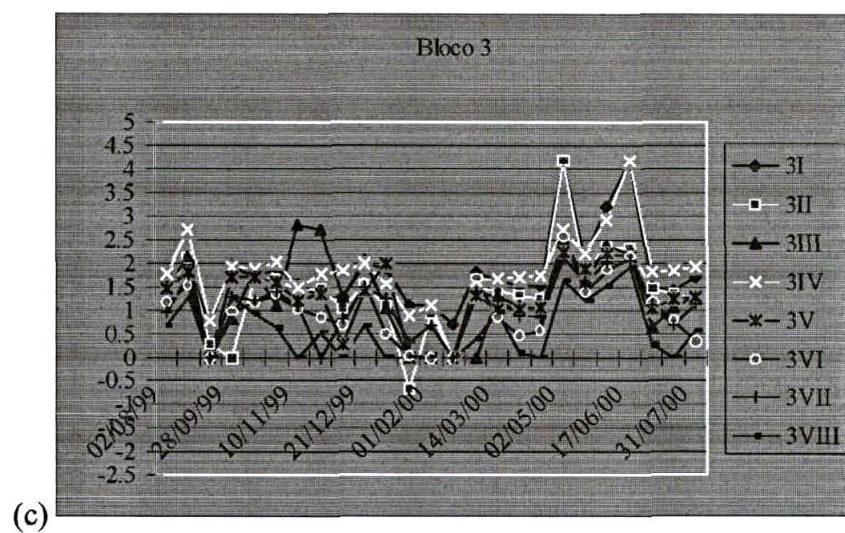


Figura 5.7 (Continuação)



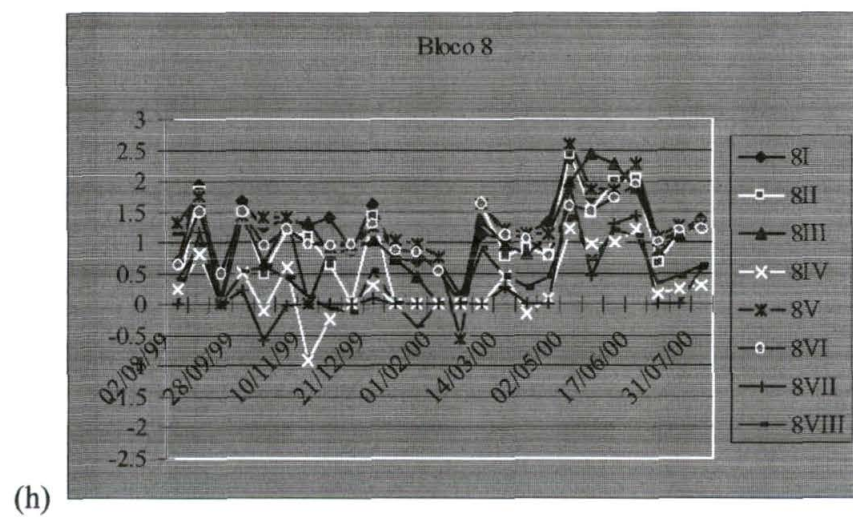
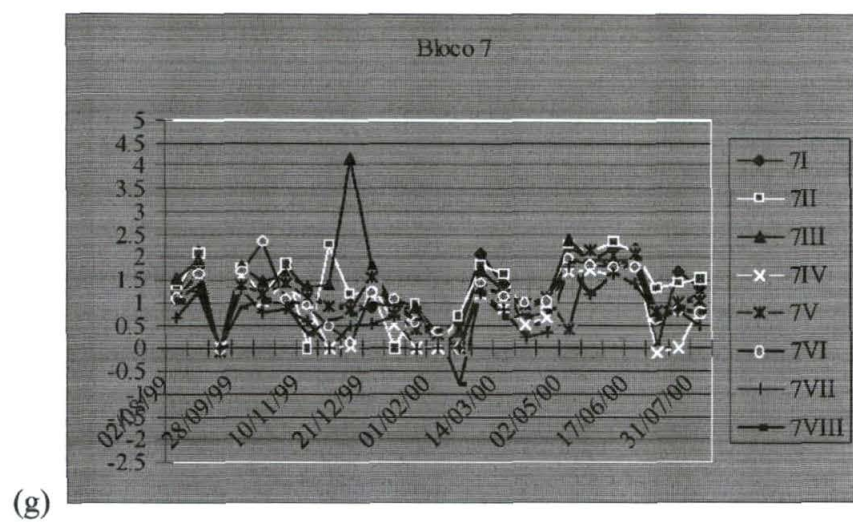
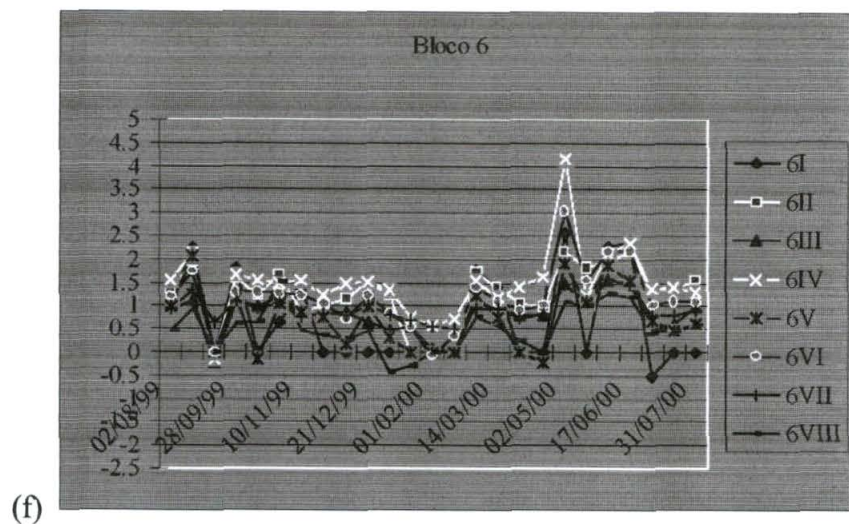


Figura 5.7 (Continuação)

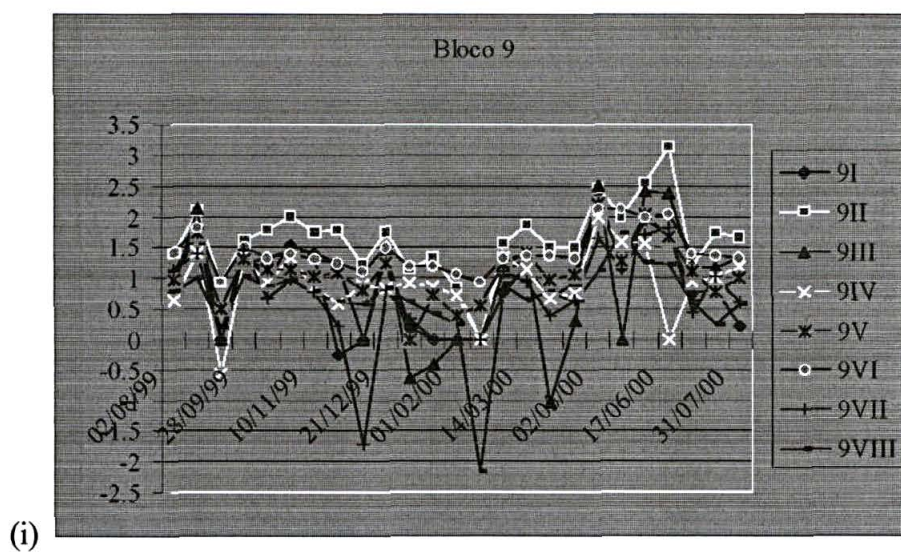


Figura 5.7 (Continuação)

### 5.3 RELAÇÃO ENTRE O CRESCIMENTO DA ERVA-MATE E AS CONDIÇÕES HÍDRICAS NO SOLO

#### 5.3.1 Relação entre a velocidade do crescimento da erva-mate e a umidade volumétrica

Os resultados da análise da regressão linear e do coeficiente de determinação da relação entre  $V_a$  e  $\theta$  encontram-se na Tabela 5.19. Ivaí-4 apresentou o maior valor do coeficiente de determinação da relação entre  $V_a$  e  $\theta$  com 0,6821. O menor valor do coeficiente de determinação da relação entre as mesmas encontra-se na procedência Ivaí 13 com  $R^2 = 0,000002$ . Os 35 progênies obtiveram uma relação negativa entre  $V_a$  e  $\theta$ . Considerando cada procedência e todas as plantas em conjunto, a relação entre  $V_a$  e  $\theta$  está apresentada na Tabela 5.20. Em ambas análises, os resultados demonstram a impossibilidade de afirmar a existência de influência da umidade volumétrica sobre o crescimento da altura.

Apesar da discussão acima, observa-se pelas Tabelas 5.19 e 5.20, que a correlação entre  $V_a$  e  $\theta$  é crescente no sentido de todas as plantas em conjunto para procedências, e para progênies. Isso implica na existência do efeito genético, ou seja, quanto maior o grau de parentesco entre plantas, observa-se menor variação das características fisiológicas.

O mesmo procedimento descrito acima foi utilizado para a análise da relação entre  $V_v$  e  $\theta$  (Tabelas 5.21 e 5.22), observando-se semelhantes resultados. Isto é, apesar de que os dados obtidos não permitem afirmar a existência de influência da umidade volumétrica sobre o crescimento do volume da copa, a correlação entre  $V_v$  e  $\theta$  é crescente no sentido de todas as plantas em conjunto para procedências, e para progênies.

Tabela 5.19 Análise da regressão linear e do coeficiente de determinação da relação entre a velocidade do crescimento em altura da planta e a umidade volumétrica no nível de progênie

| Procedência            | Progênie | Regressão linear               | R <sup>2</sup> |
|------------------------|----------|--------------------------------|----------------|
| Ivaí (PR)              | 1        | $Va = -108,63 \theta + 70,705$ | 0,5466         |
|                        | 2        | $Va = 35,921 \theta + 12,63$   | 0,0143         |
|                        | 3        | $Va = 102,46 \theta - 21,501$  | 0,0985         |
|                        | 4        | $Va = 528,11 \theta - 205,26$  | 0,6821         |
|                        | 5        | $Va = -36,462 \theta + 40,565$ | 0,0187         |
|                        | 6        | $Va = -84,394 \theta + 63,633$ | 0,2299         |
|                        | 7        | $Va = -40,011 \theta + 44,159$ | 0,074          |
|                        | 8        | $Va = -108,74 \theta + 76,472$ | 0,1595         |
|                        | 9        | $Va = -187,33 \theta + 117,53$ | 0,0938         |
|                        | 10       | $Va = -186,66 \theta + 112,73$ | 0,4728         |
|                        | 11       | $Va = -88,883 \theta + 62,694$ | 0,1898         |
|                        | 12       | $Va = -151,69 \theta + 96,785$ | 0,3923         |
|                        | 13       | $Va = -0,1403 \theta + 24,447$ | 0,000002       |
| Colombo (PR)           | 1        | $Va = 19,657 \theta + 15,112$  | 0,0036         |
|                        | 2        | $Va = -107,07 \theta + 68,028$ | 0,0685         |
|                        | 3        | $Va = 346,66 \theta - 128,31$  | 0,3639         |
|                        | 4        | $Va = -112,63 \theta + 79,859$ | 0,2451         |
|                        | 5        | $Va = 322,97 \theta - 118,86$  | 0,1593         |
|                        | 6        | $Va = 110,38 \theta - 24,78$   | 0,1433         |
|                        | 7        | $Va = 66,154 \theta - 6,4395$  | 0,0648         |
|                        | 8        | $Va = 52,921 \theta - 1,0858$  | 0,0276         |
|                        | 9        | $Va = 39,647 \theta + 6,2185$  | 0,0419         |
|                        | 10       | $Va = 89,81 \theta - 21,436$   | 0,0922         |
|                        | 11       | $Va = -141,11 \theta + 89,559$ | 0,2846         |
|                        | 12       | $Va = -78,049 \theta + 54,332$ | 0,1175         |
|                        | 13       | $Va = 50,427 \theta - 5,599$   | 0,3233         |
| Barão de Cotegipe (RG) | 1        | $Va = -9,6857 \theta + 35,479$ | 0,0004         |
|                        | 2        | $Va = -51,676 \theta + 55,151$ | 0,0135         |
|                        | 3        | $Va = -50,989 \theta + 48,101$ | 0,0586         |
|                        | 4        | $Va = 78,941 \theta - 12,979$  | 0,0704         |
|                        | 5        | $Va = 41,814 \theta + 7,0354$  | 0,0108         |
|                        | 6        | $Va = 44,159 \theta + 6,9446$  | 0,0393         |
|                        | 7        | $Va = -64,063 \theta + 62,8$   | 0,0759         |
|                        | 8        | $Va = 13,897 \theta + 20,762$  | 0,0011         |
|                        | 9        | $Va = -94,89 \theta + 75,435$  | 0,1567         |
|                        | 10       | $Va = 29,859 \theta + 15,951$  | 0,0231         |
|                        | 11       | $Va = -104,53 \theta + 76,649$ | 0,1018         |
|                        | 12       | $Va = 194,62 \theta - 55,605$  | 0,3234         |

Tabela 5.19 (Continuação)

| Procedência           | Progênie | Regressão linear               | R <sup>2</sup> |
|-----------------------|----------|--------------------------------|----------------|
| Quedas do Iguaçu (PR) | 1        | $Va = -287,16 \theta + 160,15$ | 0,4922         |
|                       | 2        | $Va = 143,49 \theta - 30,251$  | 0,102          |
|                       | 3        | $Va = -26,353 \theta + 35,678$ | 0,0163         |
|                       | 4        | $Va = 19,37 \theta + 14,894$   | 0,0102         |
|                       | 5        | $Va = 6,2825 \theta + 22,449$  | 0,001          |
|                       | 6        | $Va = -196,19 \theta + 105,1$  | 0,5897         |
|                       | 7        | $Va = -23,93 \theta + 36,86$   | 0,012          |
|                       | 8        | $Va = -2,8203 \theta + 23,212$ | 0,0002         |
|                       | 9        | $Va = 2,9859 \theta + 32,164$  | 0,0003         |
|                       | 10       | $Va = 111,68 \theta - 15,045$  | 0,2371         |
|                       | 11       | $Va = 2,4352 \theta + 28,157$  | 0,00006        |
|                       | 12       | $Va = 27,93 \theta + 11,281$   | 0,0495         |
|                       | 13       | $Va = -42,531 \theta + 47,232$ | 0,1341         |
| Cascavel (PR)         | 1        | $Va = -166,06 \theta + 100,52$ | 0,2729         |
|                       | 2        | $Va = -42,543 \theta + 44,467$ | 0,0185         |
|                       | 3        | $Va = -186,38 \theta + 120,65$ | 0,4545         |
|                       | 4        | $Va = -51,294 \theta + 49,457$ | 0,0278         |
|                       | 5        | $Va = -221,05 \theta + 131,98$ | 0,265          |
|                       | 6        | $Va = 38,018 \theta + 11,499$  | 0,0258         |
|                       | 7        | $Va = -21,451 \theta + 32,719$ | 0,0069         |
|                       | 8        | $Va = -14,856 \theta + 36,063$ | 0,0087         |
|                       | 9        | $Va = 129,43 \theta - 28,172$  | 0,1636         |
|                       | 10       | $Va = 11,468 \theta + 19,674$  | 0,0017         |
|                       | 11       | $Va = -83,793 \theta + 65,664$ | 0,1317         |
|                       | 12       | $Va = -65,926 \theta + 54,535$ | 0,0352         |
|                       | 13       | $Va = 221,8 \theta - 74,844$   | 0,2372         |
|                       |          | <b>Média</b>                   | 0,1418         |

Tabela 5.20 Análise da regressão linear e do coeficiente de determinação da relação entre a velocidade do crescimento em altura da planta e a umidade volumétrica em procedência

| Procedência                  | Regressão linear               | R <sup>2</sup>      |
|------------------------------|--------------------------------|---------------------|
| Ivaí (PR)                    | $Va = -11,083 \theta + 31,39$  | 0,0014              |
| Colombo (PR)                 | $Va = 12,066 \theta + 18,356$  | 0,0013              |
| Barão de Cotegipe (RG)       | $Va = 11,862 \theta + 23,946$  | 0,0015              |
| Quedas do Iguaçu (PR)        | $Va = 12,155 \theta + 21,359$  | 0,0024              |
| Cascavel (PR)                | $Va = -20,244 \theta + 37,36$  | 0,0045              |
|                              |                                | <b>Média</b> 0,0022 |
| Todas as plantas em conjunto | $Va = -0,9152 \theta + 27,314$ | 0,000009            |

Tabela 5.21 Análise da regressão linear e do coeficiente de determinação da relação entre a velocidade do crescimento em volume da copa e a umidade volumétrica em progênie

| Procedência            | Progênie | Regressão linear                    | R <sup>2</sup> |
|------------------------|----------|-------------------------------------|----------------|
| Ivaí (PR)              | 1        | $V_v = -122204 \theta + 106186$     | 0,0203         |
|                        | 2        | $V_v = -351286 \theta + 218409$     | 0,038          |
|                        | 3        | $V_v = 3007,7 \theta + 33834$       | 0,00003        |
|                        | 4        | $V_v = 0,000003 \theta - 0,000001$  | 0,6637         |
|                        | 5        | $V_v = -542042 \theta + 310139$     | 0,0771         |
|                        | 6        | $V_v = -939389 \theta + 509071$     | 0,2918         |
|                        | 7        | $V_v = -0,000001 \theta + 598199$   | 0,114          |
|                        | 8        | $V_v = -657533 \theta + 363018$     | 0,2093         |
|                        | 9        | $V_v = -800968 \theta + 459191$     | 0,0529         |
|                        | 10       | $V_v = -465856 \theta + 263049$     | 0,1724         |
|                        | 11       | $V_v = -609021 \theta + 332340$     | 0,1262         |
|                        | 12       | $V_v = -26597 \theta + 98069$       | 0,0002         |
|                        | 13       | $V_v = 393212 \theta - 100363$      | 0,1922         |
| Colombo (PR)           | 1        | $V_v = -360207 \theta + 197211$     | 0,17           |
|                        | 2        | $V_v = -403691 \theta + 200921$     | 0,3211         |
|                        | 3        | $V_v = 306676 \theta - 111335$      | 0,089          |
|                        | 4        | $V_v = -401932 \theta + 277033$     | 0,1263         |
|                        | 5        | $V_v = 64782 \theta - 18167$        | 0,0443         |
|                        | 6        | $V_v = -696708 \theta + 330219$     | 0,3931         |
|                        | 7        | $V_v = 199494 \theta - 68374$       | 0,2564         |
|                        | 8        | $V_v = -48961 \theta + 42660$       | 0,026          |
|                        | 9        | $V_v = -142983 \theta + 110463$     | 0,0239         |
|                        | 10       | $V_v = 12765 \theta + 6662,6$       | 0,002          |
|                        | 11       | $V_v = -645910 \theta + 332482$     | 0,1841         |
|                        | 12       | $V_v = -99003 \theta + 62817$       | 0,0344         |
|                        | 13       | $V_v = 62627 \theta - 4035,6$       | 0,037          |
| Barão de Cotegipe (RG) | 1        | $V_v = 605598 \theta - 109670$      | 0,0101         |
|                        | 2        | $V_v = -0,000002 \theta + 824470$   | 0,1543         |
|                        | 3        | $V_v = -350927 \theta + 206849$     | 0,2348         |
|                        | 4        | $V_v = 685138 \theta - 246437$      | 0,3693         |
|                        | 5        | $V_v = -653919 \theta + 373900$     | 0,0556         |
|                        | 6        | $V_v = 513846 \theta - 157765$      | 0,112          |
|                        | 7        | $V_v = -0,000001 \theta + 818704$   | 0,2864         |
|                        | 8        | $V_v = -0,000002 \theta + 0,000001$ | 0,1038         |
|                        | 9        | $V_v = -0,000002 \theta + 0,000001$ | 0,4316         |
|                        | 10       | $V_v = 92995 \theta + 27310$        | 0,0019         |
|                        | 11       | $V_v = -0,000003 \theta + 0,000002$ | 0,4996         |
|                        | 12       | $V_v = 871082 \theta - 261171$      | 0,1047         |



Tabela 5.21 (Continuação)

| Procedência           | Progenie | Regressão linear                    | R <sup>2</sup> |
|-----------------------|----------|-------------------------------------|----------------|
| Quedas do Iguaçu (PR) | 1        | $V_v = -0,000003 \theta + 0,000002$ | 0,7737         |
|                       | 2        | $V_v = 424,38 \theta + 132977$      | 0,00000001     |
|                       | 3        | $V_v = 159925 \theta - 5481,5$      | 0,0128         |
|                       | 4        | $V_v = 147782 \theta - 8497,3$      | 0,0245         |
|                       | 5        | $V_v = -699259 \theta + 405355$     | 0,1051         |
|                       | 6        | $V_v = -778907 \theta + 370393$     | 0,4646         |
|                       | 7        | $V_v = -0,000002 \theta + 762275$   | 0,4831         |
|                       | 8        | $V_v = 504090 \theta - 91975$       | 0,06           |
|                       | 9        | $V_v = -432372 \theta + 352642$     | 0,0463         |
|                       | 10       | $V_v = -376158 \theta + 273086$     | 0,0252         |
|                       | 11       | $V_v = 557054 \theta - 158811$      | 0,1865         |
|                       | 12       | $V_v = 82744 \theta + 39753$        | 0,0087         |
|                       | 13       | $V_v = -507708 \theta + 371661$     | 0,0443         |
| Cascavel (PR)         | 1        | $V_v = -0,000002 \theta + 932504$   | 0,335          |
|                       | 2        | $V_v = -0,000001 \theta + 569811$   | 0,0878         |
|                       | 3        | $V_v = -0,000002 \theta + 0,000001$ | 0,5086         |
|                       | 4        | $V_v = -323927 \theta + 232422$     | 0,0382         |
|                       | 5        | $V_v = -0,000005 \theta + 0,000002$ | 0,4246         |
|                       | 6        | $V_v = -10714 \theta + 94440$       | 0,00003        |
|                       | 7        | $V_v = -144750 \theta + 170707$     | 0,0026         |
|                       | 8        | $V_v = 304193 \theta + 1070,1$      | 0,0182         |
|                       | 9        | $V_v = -158002 \theta + 130281$     | 0,0407         |
|                       | 10       | $V_v = -546190 \theta + 325999$     | 0,0912         |
|                       | 11       | $V_v = 6527,4 \theta + 97645$       | 0,00002        |
|                       | 12       | $V_v = 41651 \theta + 34101$        | 0,0014         |
|                       | 13       | $V_v = -504320 \theta + 310783$     | 0,1986         |
| <b>Média</b>          |          |                                     | 0,1564         |

Tabela 5.22 Análise da regressão linear e do coeficiente de determinação da relação entre a velocidade do crescimento em volume da copa e a umidade volumétrica em procedência

| Procedência                  | Regressão linear                | R <sup>2</sup> |
|------------------------------|---------------------------------|----------------|
| Ivaí (PR)                    | $V_v = -181040 \theta + 155299$ | 0,0094         |
| Colombo (PR)                 | $V_v = -149590 \theta + 98828$  | 0,0223         |
| Barão de Cotegipe (RG)       | $V_v = -488022 \theta + 334429$ | 0,0248         |
| Quedas do Iguaçu (PR)        | $V_v = -142740 \theta + 159569$ | 0,0045         |
| Cascavel (PR)                | $V_v = -699540 \theta + 416988$ | 0,0677         |
| <b>Média</b>                 |                                 | 0,0257         |
| Todas as plantas em conjunto | $V_v = -345672 \theta + 239142$ | 0,0211         |

### 5.3.2 Relação entre a velocidade do crescimento da erva-mate e a tensão da água no solo

A relação entre  $V_a$  e  $|\psi|$  (Tabelas 5.23 e 5.24) e também a relação entre  $V_v$  e  $|\psi|$  (Tabelas 5.25 e 5.26) foram analisadas a nível de progênies, procedência e todas as plantas em conjunto do mesmo modo que as relações acima, apresentando semelhança de comportamento nos resultados. Apesar de que os dados obtidos não permitem afirmar a existência de influência da tensão da água do solo sobre o crescimento da altura e o crescimento do volume da copa, as correlações entre  $V_a$  e  $|\psi|$  e entre  $V_v$  e  $|\psi|$  são crescentes no sentido de todas as plantas em conjunto para procedências, e para progênies.

Tabela 5.23 Análise da Regressão linear e do coeficiente de determinação da relação entre a velocidade do crescimento em altura da planta e a tensão da água no solo em progênie

| Procedência            | Progênie | Regressão linear                | R <sup>2</sup> |
|------------------------|----------|---------------------------------|----------------|
| Ivaí (PR)              | 1        | $Va = -4,4537  \psi  + 29,888$  | 0,1785         |
|                        | 2        | $Va = -0,131  \psi  + 28,1$     | 0,00006        |
|                        | 3        | $Va = 6,1023  \psi  + 13,667$   | 0,132          |
|                        | 4        | $Va = 15,211  \psi  + 9,8807$   | 0,036          |
|                        | 5        | $Va = 1,3882  \psi  + 22,065$   | 0,0231         |
|                        | 6        | $Va = 9,2185  \psi  + 10,895$   | 0,2668         |
|                        | 7        | $Va = -5,9115  \psi  + 37,714$  | 0,4846         |
|                        | 8        | $Va = 14,054  \psi  + 2,8679$   | 0,4597         |
|                        | 9        | $Va = 6,5864  \psi  + 21,902$   | 0,0966         |
|                        | 10       | $Va = -7,6208  \psi  + 37,37$   | 0,037          |
|                        | 11       | $Va = 3,6459  \psi  + 17,009$   | 0,0873         |
|                        | 12       | $Va = 10,629  \psi  + 9,049$    | 0,123          |
|                        | 13       | $Va = -0,8727  \psi  + 25,824$  | 0,0201         |
| Colombo (PR)           | 1        | $Va = 5,3283  \psi  + 13,822$   | 0,1413         |
|                        | 2        | $Va = -7,7512  \psi  + 31,966$  | 0,1536         |
|                        | 3        | $Va = -20,521  \psi  + 56,233$  | 0,1476         |
|                        | 4        | $Va = 7,8723  \psi  + 12,908$   | 0,4581         |
|                        | 5        | $Va = -0,6023  \psi  + 31,49$   | 0,0004         |
|                        | 6        | $Va = -2,6166  \psi  + 27,713$  | 0,1065         |
|                        | 7        | $Va = -3,2048  \psi  + 27,716$  | 0,0291         |
|                        | 8        | $Va = 2,5392  \psi  + 18,614$   | 0,0229         |
|                        | 9        | $Va = -1,689  \psi  + 27,37$    | 0,0202         |
|                        | 10       | $Va = -4,1589  \psi  + 26,529$  | 0,1029         |
|                        | 11       | $Va = -4,1589  \psi  + 26,529$  | 0,1029         |
|                        | 12       | $Va = -5,3158  \psi  + 28,432$  | 0,0837         |
|                        | 13       | $Va = 1,9498  \psi  + 14,245$   | 0,0974         |
| Barão de Cotegipe (RG) | 1        | $Va = -4,3782x  \psi  + 40,608$ | 0,0935         |
|                        | 2        | $Va = -5,0505  \psi  + 39,964$  | 0,0555         |
|                        | 3        | $Va = -3,4279  \psi  + 31,818$  | 0,1162         |
|                        | 4        | $Va = -2,6144  \psi  + 29,787$  | 0,022          |
|                        | 5        | $Va = -6,6709  \psi  + 36,367$  | 0,0751         |
|                        | 6        | $Va = 0,2597  \psi  + 25,873$   | 0,0009         |
|                        | 7        | $Va = -5,9663  \psi  + 40,321$  | 0,045          |
|                        | 8        | $Va = -0,0329  \psi  + 27,245$  | 0,000003       |
|                        | 9        | $Va = -0,8466  \psi  + 34,364$  | 0,0018         |
|                        | 10       | $Va = 6,0204  \psi  + 20,3$     | 0,5261         |
|                        | 11       | $Va = -7,9455  \psi  + 46,038$  | 0,3235         |
|                        | 12       | $Va = 1,0873  \psi  + 28,505$   | 0,0013         |

Tabela 5.23 (Continuação)

| Procedência           | Progênie | Regressão linear               | R <sup>2</sup> |
|-----------------------|----------|--------------------------------|----------------|
| Quedas do Iguaçu (PR) | 1        | $Va = -2,7644  \psi  + 28,908$ | 0,0426         |
|                       | 2        | $Va = -0,9165  \psi  + 34,45$  | 0,0019         |
|                       | 3        | $Va = -9,0924  \psi  + 40,329$ | 0,6617         |
|                       | 4        | $Va = -0,1265  \psi  + 23,681$ | 0,0001         |
|                       | 5        | $Va = 7,8529  \psi  + 11,58$   | 0,4984         |
|                       | 6        | $Va = 2,6347  \psi  + 14,457$  | 0,0697         |
|                       | 7        | $Va = -2,5846  \psi  + 31,076$ | 0,1056         |
|                       | 8        | $Va = 2,1158  \psi  + 19,08$   | 0,0198         |
|                       | 9        | $Va = -1,8873  \psi  + 36,71$  | 0,0166         |
|                       | 10       | $Va = -4,9883  \psi  + 44,779$ | 0,1003         |
|                       | 11       | $Va = -10,155  \psi  + 46,844$ | 0,1634         |
|                       | 12       | $Va = 1,7015  \psi  + 21,141$  | 0,0572         |
|                       | 13       | $Va = 1,9362  \psi  + 24,238$  | 0,0453         |
| Cascavel (PR)         | 1        | $Va = -1,3309  \psi  + 29,398$ | 0,0009         |
|                       | 2        | $Va = 5,645  \psi  + 14,185$   | 0,1924         |
|                       | 3        | $Va = -2,988  \psi  + 39,654$  | 0,0063         |
|                       | 4        | $Va = 12,775  \psi  + 6,4884$  | 0,5185         |
|                       | 5        | $Va = -3,2864  \psi  + 38,089$ | 0,046          |
|                       | 6        | $Va = 5,166  \psi  + 19,75$    | 0,169          |
|                       | 7        | $Va = 14,263  \psi  + 4,5593$  | 0,3269         |
|                       | 8        | $Va = 2,6274  \psi  + 24,953$  | 0,0748         |
|                       | 9        | $Va = 4,3267  \psi  + 22,996$  | 0,06581        |
|                       | 10       | $Va = -0,4534  \psi  + 25,641$ | 0,0016         |
|                       | 11       | $Va = 4,1526  \psi  + 20,808$  | 0,1006         |
|                       | 12       | $Va = -7,4665  \psi  + 35,432$ | 0,073          |
|                       | 13       | $Va = 7,1329  \psi  + 18,574$  | 0,0321         |
| <b>Média</b>          |          |                                | <b>0,1260</b>  |

Tabela 5.24 Análise da regressão linear e do coeficiente de determinação da relação entre a velocidade do crescimento em altura da planta e a tensão da água no solo em procedência

| Procedência               | Regressão linear               | R <sup>2</sup> |
|---------------------------|--------------------------------|----------------|
| Ivaí (PR)                 | $Va = 1953,1  \psi  + 1973,2$  | 0,0022         |
| Colombo (PR)              | $Va = -0,2298  \psi  + 24,2$   | 0,0002         |
| Barão de Cotegipe (RG)    | $Va = -2,4932  \psi  + 33,407$ | 0,0229         |
| Quedas do Iguaçu (PR)     | $Va = -1,1406  \psi  + 28,711$ | 0,0059         |
| Cascavel (PR)             | $Va = 2,6514  \psi  + 24,028$  | 0,0259         |
| <b>Média</b>              |                                | <b>0,01142</b> |
| Todas as plantas grupadas | $Va = 296,1  \psi  + 588,45$   | 0,0003         |

Tabela 5.25 Análise da regressão linear e do coeficiente de determinação da relação entre a velocidade do crescimento em volume da copa e a tensão da água no solo em progênie

| Procedência            | Progênie | Regressão linear               | R <sup>2</sup> |
|------------------------|----------|--------------------------------|----------------|
| Ivaí (PR)              | 1        | $V_v = -17116  \psi  + 81552$  | 0,0774         |
|                        | 2        | $V_v = -34194  \psi  + 120927$ | 0,1048         |
|                        | 3        | $V_v = 452,57  \psi  + 34337$  | 0,0003         |
|                        | 4        | $V_v = 97596  \psi  - 59970$   | 0,0632         |
|                        | 5        | $V_v = 5670,5  \psi  + 62390$  | 0,0072         |
|                        | 6        | $V_v = 139928  \psi  - 130625$ | 0,6297         |
|                        | 7        | $V_v = -23228  \psi  + 180332$ | 0,0158         |
|                        | 8        | $V_v = 62834  \psi  - 45066$   | 0,3299         |
|                        | 9        | $V_v = 88862  \psi  - 48873$   | 0,5422         |
|                        | 10       | $V_v = -29602  \psi  + 89054$  | 0,0327         |
|                        | 11       | $V_v = 47030  \psi  - 18978$   | 0,219          |
|                        | 12       | $V_v = 47583  \psi  + 10517$   | 0,04822        |
|                        | 13       | $V_v = 6744,9  \psi  + 73150$  | 0,0184         |
| Colombo (PR)           | 1        | $V_v = 314,71  \psi  + 29933$  | 0,00007        |
|                        | 2        | $V_v = -23751  \psi  + 56352$  | 0,4756         |
|                        | 3        | $V_v = -21853  \psi  + 59795$  | 0,1048         |
|                        | 4        | $V_v = 40737  \psi  + 13570$   | 0,4964         |
|                        | 5        | $V_v = -4866,9  \psi  + 21782$ | 0,227          |
|                        | 6        | $V_v = 23808  \psi  - 13467$   | 0,6582         |
|                        | 7        | $V_v = -6023,9  \psi  + 29240$ | 0,0448         |
|                        | 8        | $V_v = 11684  \psi  - 1483,9$  | 0,5359         |
|                        | 9        | $V_v = -22497  \psi  + 86027$  | 0,157          |
|                        | 10       | $V_v = 9563,6  \psi  - 4080,3$ | 0,5788         |
|                        | 11       | $V_v = -18283  \psi  + 72980$  | 0,0263         |
|                        | 12       | $V_v = -17917  \psi  + 47036$  | 0,173          |
|                        | 13       | $V_v = -7973  \psi  + 38309$   | 0,1207         |
| Barão de Cotegipe (RG) | 1        | $V_v = -18819  \psi  + 197839$ | 0,0115         |
|                        | 2        | $V_v = -88724  \psi  + 268037$ | 0,216          |
|                        | 3        | $V_v = 2458,3  \psi  + 51186$  | 0,005          |
|                        | 4        | $V_v = -17164  \psi  + 115694$ | 0,066          |
|                        | 5        | $V_v = -1483  \psi  + 85790$   | 0,00008        |
|                        | 6        | $V_v = 9993,6  \psi  + 49497$  | 0,0277         |
|                        | 7        | $V_v = -66070  \psi  + 228164$ | 0,0401         |
|                        | 8        | $V_v = -18980  \psi  + 159799$ | 0,0036         |
|                        | 9        | $V_v = 67098  \psi  + 47598$   | 0,0813         |
|                        | 10       | $V_v = 15977  \psi  + 45143$   | 0,0321         |
|                        | 11       | $V_v = -73859  \psi  + 312983$ | 0,1413         |
|                        | 12       | $V_v = -36250  \psi  + 178180$ | 0,0227         |

Tabela 5.25 (Continuação)

| Procedência           | Progênie | Regressão linear               | R <sup>2</sup> |
|-----------------------|----------|--------------------------------|----------------|
| Quedas do Iguaçu (PR) | 1        | $Vv = -19737  \psi  + 113277$  | 0,0288         |
|                       | 2        | $Vv = 14926  \psi  + 107567$   | 0,0062         |
|                       | 3        | $Vv = -1690  \psi  + 68213$    | 0,0005         |
|                       | 4        | $Vv = 22242  \psi  + 18267$    | 0,1395         |
|                       | 5        | $Vv = 72567  \psi  - 35881$    | 0,3946         |
|                       | 6        | $Vv = -15408  \psi  + 64644$   | 0,1191         |
|                       | 7        | $Vv = 35150  \psi  + 21526$    | 0,1906         |
|                       | 8        | $Vv = 9448,9  \psi  + 118084$  | 0,0034         |
|                       | 9        | $Vv = -43126  \psi  + 222615$  | 0,0669         |
|                       | 10       | $Vv = -69461  \psi  + 222056$  | 0,1819         |
|                       | 11       | $Vv = -55409  \psi  + 190832$  | 0,2935         |
|                       | 12       | $Vv = 12974  \psi  + 56289$    | 0,0665         |
|                       | 13       | $Vv = 86990  \psi  - 22537$    | 0,2355         |
| Cascavel (PR)         | 1        | $Vv = 42993  \psi  + 70215$    | 0,0093         |
|                       | 2        | $Vv = 22199  \psi  + 69684$    | 0,0249         |
|                       | 3        | $Vv = -217531  \psi  + 453035$ | 0,2297         |
|                       | 4        | $Vv = 19096  \psi  + 57901$    | 0,0399         |
|                       | 5        | $Vv = -82112  \psi  + 304937$  | 0,0837         |
|                       | 6        | $Vv = -82112  \psi  + 304937$  | 0,0837         |
|                       | 7        | $Vv = -30493  \psi  + 137236$  | 0,0958         |
|                       | 8        | $Vv = -101118  \psi  + 245612$ | 0,1065         |
|                       | 9        | $Vv = 31211  \psi  + 77024$    | 0,0553         |
|                       | 10       | $Vv = 4821,8  \psi  + 50348$   | 0,0136         |
|                       | 11       | $Vv = 33579  \psi  + 19712$    | 0,217          |
|                       | 12       | $Vv = 14468  \psi  + 74241$    | 0,0271         |
|                       | 13       | $Vv = 33282  \psi  + 5728,7$   | 0,1485         |
|                       |          | <b>Média</b>                   | <b>0,1437</b>  |

Tabela 5.26 Análise da regressão linear e do coeficiente de determinação da relação entre a velocidade do crescimento em volume da copa e a tensão da água no solo em procedência

| Procedência               | Regressão linear               | R <sup>2</sup> |
|---------------------------|--------------------------------|----------------|
| Ivaí (PR)                 | $Vv = 15823  \psi  + 42550$    | 0,0175         |
| Colombo (PR)              | $Vv = 3606,2  \psi  + 25092$   | 0,0045         |
| Barão de Cotegipe (RG)    | $Vv = -18191  \psi  + 145618$  | 0,0118         |
| Quedas do Iguaçu (PR)     | $Vv = -5259,7  \psi  + 100704$ | 0,0019         |
| Cascavel (PR)             | $Vv = -4417,8  \psi  + 113156$ | 0,0007         |
| <b>Média</b>              |                                | <b>0,00728</b> |
| Todas as plantas grupadas | $Vv = -1367,2  \psi  + 84750$  | 0,0001         |

Os valores médios do coeficiente de determinação no nível de progênes para relações entre  $V_a$  e  $\theta$ ;  $V_v$  e  $\theta$ ;  $V_a$  e  $|\psi|$ ; e  $V_v$  e  $|\psi|$  foram 0,1418, 0,1564, 0,1260 e 0,1437 respectivamente. Entretanto, a nível de procedência, as médias do mesmo para relação entre  $V_a$  e  $\theta$ ;  $V_v$  e  $\theta$ ;  $V_a$  e  $|\psi|$ ; e  $V_v$  e  $|\psi|$  foram 0,0022, 0,0257, 0,0114 e 0,0073 respectivamente. Além disso, tratando-se todas as plantas em conjunto, as médias do mesmo para a relação entre  $V_a$  e  $\theta$ ;  $V_v$  e  $\theta$ ;  $V_a$  e  $|\psi|$ ; e  $V_v$  e  $|\psi|$  foram 0,000009, 0,0211, 0,0003, e 0,0001, respectivamente. Embora o modelo SPAC (*Soil-Plant-Atmosphere Continuum*) mostra que a tensão da água do solo influencia na transpiração e o conseqüente crescimento da planta mais do que a umidade do solo, os resultados não permitiram testar este modelo.

## **6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES**

### **6.1 CONCLUSÕES**

Na experimentação a campo, localizada na Fazenda Canguiri no município de Pinhais - PR, foram observados parâmetros morfológicos da erva-mate e as condições hídricas do solo. Através dos dados observados, analisou-se o desenvolvimento morfológico de diferentes progênes da erva-mate e sua relação com as condições hídricas do solo. Os resultados obtidos na presente pesquisa permitem as seguintes conclusões:

1. A procedência Barão de Cotegipe apresentou um elevado potencial produtivo nesta pesquisa, tanto em relação à altura da planta quanto em volume da copa.
2. A relação entre o diâmetro do fuste e a velocidade do crescimento do volume da copa foi alta, quando comparada com as outras relações a nível de procedência no crescimento da erva-mate. Entretanto, quanto à taxa, a relação entre a taxa do crescimento em altura e a taxa do crescimento em volume da copa apresentou-se mais alta quando comparada com as outras.
3. O valor do coeficiente de variação foi bem elevado para a variação anual da tensão da água no solo comparado com aquelas das umidades gravimétrica e volumétrica.
4. Não foi observada uma correlação alta entre o crescimento da erva-mate e as condições hídricas no solo para cada progênes e procedências. Entretanto, os valores médios do coeficiente de determinação da relação entre o crescimento da erva-mate, tanto em altura quanto volume, e as condições hídricas no solo para progênes foram mais altos do que para procedências e todas as plantas em conjunto, sendo que este apresentou-se menor em relação a todos os níveis. Isso implica a possibilidade do efeito genético sobre o crescimento da erva-mate.



## 6.2 RECOMENDAÇÕES

Nesta pesquisa, não foram medidos os valores da altura, do diâmetro da copa e do diâmetro do fuste na implantação das plantas. Quando implantar outros experimentos, estes deverão ser medidos no início do estudo.

Não foram obtidos também os valores da taxa do crescimento em diâmetro do fuste das plantas nesta pesquisa. Esta taxa deverá ser estimada para ser correlacionada com outros fatores.

Embora, nesta pesquisa, tenha sido analisada somente a relação entre o crescimento da erva-mate e as condições hídricas no solo; futuros estudos deverão monitorar a transpiração e a fotossíntese das folhas. A medição da transpiração poderá contribuir no estudo do Sistema de Solo-Planta-Atmosfera.

Devido ao crescente aumento do interesse na qualidade da erva-mate, as influências das condições hídricas no solo sobre a composição química das folhas também deverão ser investigadas no futuro.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AHUJA, L.R.; SWARTZENDRUBER, D. An improved from of soil-water diffusivity function. **Soil Sci. Soc. Amer. Proc.**, v. 36. P 9-14, 1972.
- ARIMITSU, The forest soil formation and their proprieties In: TUKAMOTO, Y.(ed.) **Forest hydrology**. Tokyo: Buneido, 1995. p.19-36. (em japonês).
- ARKLEY, R.J. Relationships between plant growth and transpiration. **Hilgarda**, Davis, v.34, p.559-584, 1963.
- ARYA, L. M.; PARIS, J. F. A physioempirical model to predict the soil moisture characteristic from particle-size distribution and bulk density data. **Soil. Sci. Soc. Am.**, v. 45 1023-1030, 1981.
- ASHCROFT, G.; TAYLOR, S.A. Soil moisture tension as a mesure of water removal rate from soil and its relation to weather factors. **Soil Sci. Soc. Am. Proc.**, Madison, v. 20, p 171-174, 1956.
- ASHIHARA, H. Purine metabolism and the biosynthesis of caffeine in mate leaves. **Phytochemistry**, v.33, p.1427-1430, 1993.
- BALDO Indústria de erva mate “cultive esta idéia”. Home-page da Internet: 1999.
- BAUMGARTNER, D. M. (ed.) **Management of lodgepole pine ecosystems symposim**. Pullman: Washington State Univ, 1975.
- BHASKAR, V.; SWAMI RAO, N.; MASTANA REDDY, B. G.; VEDAVYASA, K.; RAVISHANKAR, H.M.; VENKATESH, R. Comparative studies of the associated soil moisture regimes and their productivity system. In: CALDER, I. R.; ADLARD, P. G. (ed.) **Growth and water use of forest plantations**. Oxford UK: John Wiley & Sons Ltd, 1992.
- BICKFORD, C.A. Methods of measuring the growth of tree as individuals and in stands. In: KOZLOWSKI, T.T. (ed.) **Tree growth**. New York: The ronald Press Company, 1962. p.371-384.
- BROOKS, R. H.; COREY, A. T. Hydraulic properties of porous media. **Hydrology. Papers**. 3. Fort Collins: Civil Engineering. Department, Colorado State University, 1964.
- CALDER, I. R.; ADLARD, P. G. (ed.) **Growth and water use of forest plantations**. Oxford UK: John Wiley & Sons Ltd, 1992.

- CAMPBELL, G.S. A simple method for determining unsaturated conductivity from moisture retention data. **Soil Sci.**, v.117. P311-314, 1974.
- CAMPBELL, G.S. **Soil physics with BASIC**. Tokyo: Kajima Institute Publishing Co., 1987. p.36-44. p.112-119.
- CORRÊA, V. **Ervais do Brasil e ervateiros**. Rio de Janeiro: Ministro da agricultura serviço de informação agrícola, 1957.
- DE WITT, C.T. Transpiration and crop yields. **Medoling**, Wageningen, n.156, 1958. p.73-81.
- EDWIN, G.; REITZ, R. **Aquifoliaceae**. Itajaí: Herbário Barbosa Rodrigues, 1967. p.47.
- EMBRAPA- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária SNLCS- Serviço de Levantamento e Conservação de Solos **Manual de métodos de análise de solo Parte 1- Análise físicas**. Rio de Janeiro: EMBRAPA- SNLCS, 1979.
- EMBRAPA-CNPQ Documentos, 26 **I Seminário sobre sistemas agroflorestais na região sul**. Colombo: Embrapa-CNPQ, 1994.
- EMBRAPA. Centro nacional de pesquisa de solos **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa produção de informação, Rio de Janeiro: Embrapa solos, 1999. p.348.
- ESSER, G.; OVERDIECK, D. (ed.) **Modern ecology**. Netherlands: Elsevier Science Publishers B. V., 1991.
- FERNANDES, J.S.C.(cor) **Melhoramento genético de algumas populações de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St.Hil.)**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná Setor de Ciências Biológicas Departamento de Genética, 1998.
- FERNANDES, J.S.C.; USHIWATA, S.Y.; DAMINELLI, R.; GABARDO, J.; KOBAYAMA, M.; MACCARI, A.; PREVEDELLO, C.L.; RESENDE, M.; RESENDE, M.D.V.; STURION, J. Estimativa de parâmetros relacionados ao melhoramento genético da erva-mate: possibilidade de seleção precoce. **Scientia Agraria**, Curitiba, v.1, p.45-53, 2000.
- FERREIRA, F.; VAZQUEZ, A.; GUNTNER, C.; MOYNA, P. Inhibition of the passive diffusion of cholic acid by the *Ilex paraguariensis* St. Hil. saponins. **Phytotherapy Research**, v.11, p.79-81, 1997.
- FITTER, A. H.; HAY, R. K. M. **Environmental physiology of plants**. New York: Academic Press, 1983.
- FRASER, D.A. **Tree growth in relation to soil moisture**. In: KOZLOWSKI, T.T. (ed.) **Tree growth**. New York: The Ronald Press Company, 1962. p. 183- 204.

- GALVÃO, F.; INOUE, M.T. **Valiação anual da fotossíntese de erva-mate mate (*Ilex paraguariensis* St.Hil.)**. Curitiba: Departamento de Silvicultura e Manejo da UFPR, 1984.
- GALVÃO, F. **Variação sazonal da fotossíntese líquida e respiração de *Cabralea canjerana* (Vell.) Mart., *Ilex paraguariensis* St. Hil. e *Podocarpus lambertii* Kl. em função da intensidade luminosa e temperatura**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 1986. 116p. (Tese de doutorado).
- GALVÃO, F.; INOUE, M.T. Variação anual da fotossíntese de erva-mate (*Ilex paraguariensis*). **Acta For. Bras.**, Curitiba, v.2, p.16-21, 1987.
- GARCIA, R.V.; BASUALDO, I.; PERALTA, I.; HEREBIA, M.; CABALLERO, S. Contenido de minerales en yerba mate paraguaya (*Ilex paraguariensis* S.H.). **Archivos Latinoamericanos de Nutricion**, v.47, p.77-80, 1997.
- GETESKI, W. **Experiência de produtor na aplicação sistema agroflorestal**. In: EMBRAPA-CNPQ Documentos, 26 **I Seminário sobre sistemas agroflorestais na região sul**. Colombo: Embrapa-CNPQ, 1994.
- GIBERTI, G.C. *Ilex* en sudamérica: florística, sistemática y potencialidade com relación a un banco de germoplasma para la yerba mate. In: WINGE, H.; FERREIRA, A.G.; MARIATH, J.E.A.; TRASCONI, L.C. (org.) **Erva-mate: Biología e cultura no Cone Sul**. Porto Alegre: Editora de UFRGS, 1995. p.304-312.
- GORNISKI, D.R. **A erva mate**. Palmeira: Editora Gráfica Nossa Senhora Ltda, 1998.
- GOSMANN, G.; SCHENKEL, E.P.; SELIGMANN, O. A new saponin from mate, *Ilex paraguariensis*. **J. Natural Products**, v.52, p.1367-1370, 1989.
- GOSMANN, G.; GUILLAUME, D.; TAKETA, A.T.C.; SCHENKEL, E.P. Triterpenoid saponins from *Ilex paraguariensis*. **J. Natural Products**, v.58, p.438-441, 1995.
- HAAN, C.T. **Statistical methods in hydrology**. Iowa: Iowa State University Press, 1977.
- HANKS, R.J. **Applied soil physics**. 2<sup>nd</sup> ed. New York: Springer Verlag New York, Inc., 1992.
- HARTGE, K.H. **Einführung in die Bodenphysik**. Germany: Ferdinand Enke Verlag Stuttgart, 1978. p.116-140.
- HAVELKAMP, R.; VAUCLIN, M.; TOUMA, J.; WIERENGA, P.J.; VACHAUD, G. A comparison of numerical simulation models for one-dimensional infiltration. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, Madison, v.41, p 285-294, 1977.
- HEWLETT, J. D. **Principles of forest hydrology**. Athens: The University of Georgia Press, v.77, p 44-65, 1982.

- HILLEL, D. **Soil and water**. Physical Principles and Processes, New York: Academic press, 1971.
- HILLEL, D. **Out of the earth** . Great Britain: Aurum Press Ltd, 1992.
- HINO, M.; OHTA, T; SUNADA, K; WATANABE, K. **Numerical forecast of floods. A first step**. Tokyo: Morikita Publishing Co., 1989. p67-p76. (em japonês).
- ISHIDA, T.; NAKANO, M. Soil water moviment in the Soil-Plant-Atmosphere Continuum. **Trans. JSIDRE**. Tokyo, n.92: P26-34. 1981.
- ISHIDA, T. Soil water movement through the root zone. **SPCPG**. Tokyo, n. 45: p2-13.1982.
- KAYANE, I. **Hydrology**. Tokyo: Taimeidou, 1980. p.135-136. ( em japonês).
- KEIL, S.S. **Propriedades físicas do solo e desenvolvimento da araucaria angustifolia**, Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 1989. (Dissertação de Mestrado)
- KISHI, S.; USHIWATA, S.Y.; FERNANDES, J.S.C.; KOBIYAMA, M. Avaliação do crescimento da erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hill) através de ensaio em campo. In: 8<sup>o</sup> Reunião anual da SBPN. **Anais**. Curitiba: SBPN v. 4 p.75-76, 2000.
- KISHI, S.; KOBIYAMA, M.; FERNANDES, J.S.C.; ROSSE, L.N. Avaliação do crescimento de erva-mate em campo. In 2<sup>o</sup> Congresso sul-americano da erva-mate e 3<sup>o</sup> Reunião técnica da erva-mate. **Anais**. Encantado: 2000. p 378-380.
- KLAR, A.E. **A água no sistema solo-planta-atmosfera**. São Paulo: Nobel, 1984. 408p.
- KLUTE, A. Water retention: laboratory methods. In: KLETE,A.(ed.) **Methoda of soil analysis.I. Physical and mineralogical methods second edition**. Madison: American Society of Agronomy INC; Soil Science Society of America, 1986. p.632-662.
- KOBIYAMA, M. **Influência da minhoca louca (*Amyntas hawayanus*) sobre o movimento da água no solo, relacionado ao crescimento da bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth.)**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 1994. (Tese de doutorado em Engenharia florestal)
- KOBIYAMA, M. **Relatório de Extensão –1997: Plantio de erva-mate para formação de mata ciliar no Rio Cone no Município de Campina Grande do sul**. Curitiba: UFPR/SCA/DETR, 1997.
- KOBIYAMA, M. **Ecofisiologia da erva-mate (*Ilex paraguariense*): relação entre crescimento, fotossíntese, transpiração, qualidade da folha e o ambiente hídrico**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná/ Setor de Ciências Agrarias/ Departamento de solos, 1998. (não publicado).

- KOBIYAMA, M.; SHINOMIYA, Y.; OLIVEIRA, S.M.; MINELLA, J.P. Consideração da pedogênese através das propriedades hidráulicas do solo. In: I Fórum geo-bio-hidrologia. **Anais**. Curitiba: 1998. p.165-172.
- KOSUGI, K. Measurement of soil hydraulic properties and their modeling. In: ONDA, Y.; OKUNISHI, K.; IIDA, T.; TUJIMURA, M. **Hydrogeomorphology: The Interaction of Hydrologic and Geologic Processes**. Tokyo: Kokonshoin, 1996. p 34-43 (em japonês).
- KOZLOWSKI, T.T. (ed.) **Tree growth**. New York: The Ronald Press Company, 1962a.
- KOZLOWSKI, T.T. **Photosynthesis, Climate, and Tree growth**. In: KOZLOWSKI, T.T. (ed.) **Tree growth**. New York: The Ronald Press Company, 1962b. p.149-164.
- KOZLOWSKI, T.T. **Growth and development of trees volume II Cambial growth, Root growth and Reproductive growth**. New York: Academic Press, Inc., 1971.
- KRAMER, P.J.; KOZLOWSKI, T.T. **Physiology of trees**. New York: McGRAW-HILL Book Company, Inc., 1960
- KRAMER, P.J. **The role of water in tree growth**. In: KOZLOWSKI, T.T. (ed.) **Tree growth**. New York: The Ronald Press Company, 1962. p. 171-182.
- KRAMER, P.J.; KOZLOWSKI, T.T. **Physiology of woody plants**. New York: Academic Press, 1979. p.811
- KRAMER, P.J.; BOYER, J.S. **Water relations of plants and soils**. California: Academic Press, Inc., 1995.
- KRAEMER, K.H.; TAKETA, A.T.C.; SCHENKEL, E.P.; GOSMANN, G.; GUILLAUME, D. Matesaponin 5, a highly polar saponin from *Ilex paraguariensis*. **Phytochemistry**, v.42, p.1119-1122, 1996.
- KREEB K. H., CHEN. T. Combination effects of water and salt stress on growth, hydration and pigment composition in wheat (*Triticum aestivum* L.): A mathematical modelling approach. In: ESSER, G.; OVERDIECK, D. (ed.) **Modern ecology**. Netherlands; Elsevier science publishers B. V., 1991. p. 215-p.231
- KRICUN, S.D.P. **Erva mate**. Misiones: INTA-Estacion Experimental Agropecuaria, 1983. p.16
- KUDREV, T.G.; Tradução REZENDE, J.G. **Água vida das plantas**. São Paulo: Ícone, 1994.
- LAWLOR, D.W. The effects of water deficit on photosynthesis. In: SMIRNOFF, N. (ed.) **Environment and plant metabolism**. Oxford: BIOS Scientific, 1995. p.129-160.
- LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. Barcelona: Pmega, 1977. p.305

- LEPSCH, I.F. (cor.) **Manual para levantamento utilitário de meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso**. Campinas: Sociedade brasileira de ciência do solo, 1983.
- LOPUSHINSKY, W. Water relations and photosynthesis in lodgepole pine. In: BAUMGARTNER, D. M. (ed.) **Management of lodgepole pine ecosystems symposium**. Pullman: Washington State Univ, 1975. p 135-153.
- LIBARDI, P.L. **Dinâmica da água no solo**. São Paulo: Departamento de Física e Meteorologia da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiros, Universidade de São Paulo, 1995.
- MAACK, R. **Geografia física do Estado do Paraná**. Curitiba. Papelaria Max Roesner Ltda, 1968.
- MACCARI, A. **Ensaio para seleção de diferentes progênes de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St.Hil.)**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná Setor de Ciências Agrarias Departamento de Solos, 1998.
- MAZUCHOUSKI, J.Z. Evolução da difusão de tecnologia sobre erva-mate no Paraná. In: WINGE, H.; FERREIRA, A.G.; MARIATH, J.E.A.; TRASCONI, L.C. (org) **Erva-mate: Biologia e cultura no Cone Sul**. Porto Alegre: Editora de UFRGS, 1995. p.183-195.
- MAZUCHOUSKI, J.Z. **Manual da erva-mate (*Ilex paraguariensis* St.Hil.)**. Curitiba: EMATER(Empresa Paranaense de Assistência Técnica e Extensão Rural), 1998.
- MAZUCHOUSKI, J.Z. (cor) **Patentes industriais e as prioridades para os investimentos tecnológicos na cadeia produtiva da erva-mate**. Curitiba: Câmara setor da cadeia produtiva da erva-mate do Paraná MCT/ CNPq/ Projeto PADCT erva-mate, 2000a.
- MAZUCHOUSKI, J.Z. (cor) **Produtos alternativos e desenvolvimento da tecnologia industrial na cadeia produtiva da erva-mate**. Curitiba: Câmara setor da cadeia produtiva da erva-mate do Paraná MCT/ CNPq/ Projeto PADCT erva-mate, 2000b.
- MAZUCHOUSKI, J.Z. (cor) **Normativos legais e as prioridades para pesquisas tecnológicas na cadeia produtiva da erva-mate**. Curitiba: Câmara setor da cadeia produtiva da erva-mate do Paraná MCT/ CNPq/ Projeto PADCT erva-mate, 2000c.
- MAZZAFERA, P. Mate drinking: caffeine and phenolic acid intake. **Food-Chemistry**, v.60, p.67-71, 1997.
- MILLER, E. C. **Plant physiology**. U.S.A.: McGraw-Hill Book Company, Inc., 1959.
- MONTEITH, J.L. Radiation and crops. **Experimental Agric.**, v.1, p.241-252, 1965.

- MONTOYA, L. J.; MEDRADO, M.J.S.; MASCHIO, L.M.A. Aspectos arborização de pastagens e de viabilidade técnica-econômica da alternativa silvipastoril. In: EMBRAPA-CNPf Documentos, 26 **I Seminário sobre sistemas agroflorestais na região sul**. Colombo: Embrapa-CNPf, 1994.
- MOTTA, F.S. **Meteorologia agrícola**. São Paulo: Nobel, 1983. 376p.
- NELSON, L.C. **Água subterrânea**. In: TUCCI, C.E.M. (org.) **Hidrologia ciência e aplicação**. Rio Grande do Sul: Editora da Universidade/UFRGS, 1997. p.289
- NETO, L. S. **Viabilidade técnico-econômica da fertilização mineral e calagem na cultura da erva-mate**. In: EMBRAPA-CNPf Documentos, 26 **I Seminário sobre sistemas agroflorestais na região sul**. Colombo: Embrapa-CNPf, 1994.
- OLIVEIRA, Y.M.M.; ROTTA, E. Área de distribuição natural de erva-mate (*Ilex paraguariense* St. Hill). In: **X Seminário sobre Atualidades e Perspectivas Florestais - Silvicultura da Erva-Mate (*Ilex paraguariense* St. Hill)**, Curitiba: EMBRAPA-CNPf, 1985. p.17-36.
- OMETTO, J.C. **Bioclimatologia vegetal**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1981. p.440
- ONDA, Y.; OKUNISHI, K.; IIDA, T.; TUJIMURA, M. **Hydrogeomorphology**. Tóquio: Kokonnshoinn, 1996. (em japonês).
- ORREDA, J.A. **Pequena história da erva mate**. Irati: Martins & Abib Ltda, 1968.
- PENMAN, H.L. Evaporation: an introductory survey. **Netherlands J. Agric. Sci.**, Amsterdam, v.4, p.9-30, 1956.
- PIRES, V.S.; GUILLAUME, D.; GOSMANN, G.; SCHENKEL, E.P. Saponins from *Ilex dumosa*, an erva-mate (*Ilex paraguariensis*) adulterating plant. **J. Agric. Food Chem.**, v.45, p.1027-1031, 1997.
- PIZARRO, F.; OLIVARES, M.; HERTRAMPF, E.; WALTER, T. Factores que modifican el estado de nutricion de hierro: contenido de taninos de infusiones de hierbas. **Archivos Latinoamericanos de Nutricion**, v.44, p.277-280, 1994.
- PREVEDELLO, C. L.; PREVEDELLO, B. M. S. Emprego da função “spline” cúbica na obtenção da condutividade hidráulica em solo não saturado. **R. SCA**, 9. 121-132, 1987.
- PREVEDELLO, C.L. **Física do solo com problemas resolvidos**. Curitiba : Sociedade Autônoma de Estudos Avançados em Física do Solo, 1996.



- PREVEDELLO, C.L. **Modelo para estimar as propriedades hidráulicas a partir da curva granulométrica do solo**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná Setor de Ciências Agrárias Departamento de Solos, 2001. (não publicado).
- REDIG, A.P.L. A importância econômica atual da erva-mate. In: **X Seminário sobre Atualidades e Perspectivas Florestais - Silvicultura da Erva-Mate (*Ilex paraguariense* St. Hill)**, Curitiba: EMBRAPA-CNPQ, 1985. p.4-9.
- REICHARDT, K. **A água na produção agrícola**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, Ltda., 1978.
- REISSMANN, C.B.; RADOMSKI, M.I.; QUADROS, R.M.B. Relação entre os teores totais e a fração hidrossolúvel dos elementos K, Ca, Mg, Mn, Fe, Cu, Zn e Al em folhas de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.). **Arquivos de Biologia e Tecnologia**, Curitiba, v.37, p.959-971, 1994.
- RICCO, R.A.; WAGNER, M.L.; GURNI, A.A. Estudio comparativo de flavonoides austrosudamericanas del genero *Ilex*. In: WINGE, H.; FERREIRA, A.G.; MARIATH, J.E.A.; TARASCONI, L.C. (org.) **Erva-Mate: Biología e cultura no Cone Sul**. Porto Alegre: Ed. UFRGS, 1995. p.243-249.
- RICHARDS, S. J.; WEEKS, L. V. Capillary conductivity values from moisture yield and tension measurements on soil columns. **Soil Sci. Soc. Am. Proc.**, Madison, v.17: p206-208. 1953.
- RICHARDS, L. A.; GARDNER, W. R.; OGATA, G. Physical processes determining water loss from soil. **Soil Sci. Soc. Am. Proc.**, Madison, v. 20: p 310-314. 1956.
- ROSENBERG, N.J. **Microclimate: The biological environment**. New York: John Wiley, 1974. 315p.
- RUCKER, N.G.A.; GORTARI, J. **Comércio exterior do mate: cooperação empresarial na competitividade**. Curitiba: Congresso Sul-Americano da Erva-Mate, período de 24 a 27 de novembro de 1997, EMBRAPA/ CNPQ Paraná Brasil, 1997.
- SCHENKEL, E.P.; GOSMANN, G.; HEINZMANN, B.M.; MONTANHA, J.A.; ATHAYDE, M.L.; TAKETA, A.C. Saponinas em espécies do gênero *Ilex*. In: WINGE, H.; FERREIRA, A.G.; MARIATH, J.E.A.; TARASCONI, L.C. (org.) **Erva-Mate: Biología e cultura no Cone Sul**. Porto Alegre: Ed. UFRGS, 1995. p.251-256.
- SEAB **Comércio exterior-mate**. Curitiba: Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento do Paraná(SEAB) Departamento de Economia Rural, 1999.

- SHIMIZU, S. **College biology plant physiology revised edition**. Tokyo: Shokabo, 1993.p.26-31. (em japonês).
- SILVA, A.O.; SILVA, K. Desenvolvimento de sistemas agrossilvipastoris atividade base erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.). In: EMBRAPA-CNPf Documentos, 26 **I Seminário sobre sistemas agroflorestais na região sul**. Colombo: Embrapa-CNPf, 1994.
- SOUZA CRUZ **Reflorestar é preservar**. Rio de Janeiro: Setor de comunicação empresarial da Souza Cruz, 1997.
- SUERTEGARAY, C. E. **Análise econômica da erva-mate**. Home-page da Internet: EMATER/RS, 1999.
- TAGUCHI, R. **Plant physiology**. Tokyo: Youkendou, 1980. (em japonês).
- TANI, M. The properties of a water-table rise produced by a one- dimensional, vertical, unsaturated flow. **J. Jap. For. Soc.**, Tokyo, v. 64, p409-418, 1982.
- TANI, M. Application of the unsaturated flow theory to field observations of ground water-table rise. **Hydrology**, ,n. 13, p41-50, 1993.
- TANI, M. Teorical properties of rainfall fluid. In: TUKAMOTO, Y.(ed.) **Forest hydrology**. Tokyo: Buneido, 1995. p.103-111. (em japonês).
- TORMEN, M. J. Economia ervateira brasileira. In: WINGE, H.; FERREIRA, A.G.; MARIATH, J.E.A.; TRASCONI, L.C. (org.) **Erva-mate: Biologia e cultura no Cone Sul**. Porto Alegre: Editora de UFRGS, 1995. p.26-40.
- TRES, R.J.; FERREIRA, E.B.; MRTVI, P.R.; SEVERINO, M.C.; MARQUES, Z.M.O. Erva-mate: uma alternativa para o pequeno produtor. In: **X Seminário sobre Atualidades e Perspectivas Florestais - Silvicultura da Erva-Mate (*Ilex paraguariense* St. Hill)**, Curitiba: EMBRAPA-CNPf, 1985. p.47-52.
- TUCCI, C.E.M.(org.) **Hidrologia**. Rio Grande do Sul: Editora da Universidade/UFRGS, 1997.
- TUKAMOTO, Y.(ed.) **Forest hydrology**. Tokyo: Buneido, 1995. (em japonês).
- VAN GENUCHTEN, M. Th. A closed-form equation for predicting the hidraulic conductivity of unsaturated soils. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, Madison, v.44: p892-898. 1980.
- VAZQUEZ, A.; MOYNA, P. Studies on mate drinking. **J. Ethnopharmacology**, v.18, p.267-272, 1986.
- WINGE, H.; FERREIRA, A.G.; MARIATH, J.E.A.; TRASCONI, L.C. (org) **Erva-mate: Biologia e cultura no Cone Sul**. Porto Alegre: Editora de UFRGS, 1995.

WITTWER, S.H. Impact of the Grenhouse effect on plant growth and crop productivity. In:  
BASRA, A.S. (ed.) **Mechanisms of plant growth and improved productivity**. New  
York: Marcel Dekker, 1994. p.199-228.

## 8 ANEXOS

### Anexo 1 Equação de VAN GENUCHTEN (1980)

Aqui, escreve-se novamente a equação (4.11).

$$\theta(\psi) = \theta_r + \frac{\theta_s - \theta_r}{\left[1 + (\alpha|\psi|)^n\right]^m} \quad (4.11)$$

O procedimento descrito abaixo mostra a modificação da equação (4.11) para a (4.12).

$$\frac{\theta - \theta_r}{\theta_s - \theta_r} = \frac{1}{\left[1 + (\alpha|\psi|)^n\right]^m}$$

$$\left[1 + (\alpha|\psi|)^n\right]^m = \frac{\theta_s - \theta_r}{\theta - \theta_r}$$

$$(\alpha|\psi|)^n = \left(\frac{\theta_s - \theta_r}{\theta - \theta_r}\right)^{\frac{1}{m}} - 1$$

$$|\psi| = \frac{\left[\left(\frac{\theta_s - \theta_r}{\theta - \theta_r}\right)^{\frac{1}{m}} - 1\right]^{\frac{1}{n}}}{\alpha}$$

Como foi definido por VAN GENUCHTEN (1980)

$$m = 1 - \frac{1}{n}. \text{ Portanto } \frac{1}{n} = 1 - m.$$

Finalmente, obtém-se:

$$|\psi| = \frac{\left[\left(\frac{\theta_s - \theta_r}{\theta - \theta_r}\right)^{\frac{1}{m}} - 1\right]^{1-m}}{\alpha} \quad (4.12)$$

Anexo 2 Dados das condições hídricas no solo  
Tabela A2.1 Dados da umidade gravimétrica (g/g).

| Bloquinho/Dia | 02/08 | 31/08 | 14/09 | 28/09 | 13/10 | 26/10 | 10/11 | 23/11 | 07/12 | 21/12 | 04/01 | 18/01 | 01/02 | 15/02 |
|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1 I           | 0,337 | 0,250 | 0,489 | 0,313 | 0,363 | 0,312 | 0,386 | 0,403 | 0,408 | 0,293 | 0,429 | 0,457 | 0,456 | 0,520 |
| 1 II          | 0,338 | 0,232 | 0,459 | 0,330 | 0,316 | 0,322 | 0,380 | 0,372 | 0,412 | 0,315 | 0,392 | 0,444 | 0,437 | 0,507 |
| 1 III         | 0,414 | 0,267 | 0,545 | 0,365 | 0,391 | 0,333 | 0,425 | 0,424 | 0,405 | 0,341 | 0,444 | 0,483 | 0,517 | 0,496 |
| 1 IV          | 0,378 | 0,269 | 0,494 | 0,320 | 0,394 | 0,391 | 0,378 |       | 0,437 | 0,365 | 0,417 | 0,711 | 0,493 | 0,469 |
| 1 V           | 0,382 | 0,258 | 0,468 | 0,286 | 0,337 | 0,276 | 0,373 | 0,372 | 0,381 | 0,305 | 0,402 | 0,263 | 0,444 | 0,514 |
| 1 VI          | 0,329 | 0,239 | 0,463 | 0,271 | 0,339 | 0,286 | 0,374 | 0,345 | 0,375 | 0,301 | 0,364 | 0,438 | 0,424 | 0,466 |
| 1 VII         | 0,385 | 0,228 | 0,436 | 0,321 | 0,368 | 0,295 | 0,371 | 0,380 | 0,396 | 0,342 | 0,368 | 0,482 | 0,409 | 0,458 |
| 1 VIII        | 0,360 | 0,247 | 0,448 | 0,296 | 0,355 | 0,352 | 0,348 | 0,335 | 0,352 | 0,302 | 0,370 | 0,425 | 0,429 | 0,430 |
| 2 I           | 0,377 | 0,282 | 0,510 | 0,365 | 0,356 | 0,327 | 0,477 | 0,537 | 0,435 | 0,373 | 0,416 | 0,440 | 0,459 | 0,520 |
| 2 II          | 0,402 | 0,303 | 0,503 | 0,364 | 0,387 | 0,351 | 0,427 | 0,404 | 0,440 | 0,420 | 0,437 | 0,447 | 0,459 | 0,530 |
| 2 III         | 0,364 | 0,301 | 0,553 | 0,345 | 0,481 | 0,374 | 0,430 | 0,458 | 0,472 | 0,428 | 0,451 | 0,477 | 0,503 | 0,590 |
| 2 IV          | 0,410 | 0,324 | 0,526 | 0,358 | 0,423 | 0,361 | 0,413 | 0,455 | 0,504 | 0,414 | 0,450 | 0,468 | 0,522 | 0,517 |
| 2 V           | 0,366 | 0,250 | 0,471 | 0,335 | 0,342 | 0,344 | 0,400 | 0,385 | 0,417 | 0,371 | 0,424 | 0,409 | 0,470 | 0,458 |
| 2 VI          | 0,351 | 0,263 | 0,485 | 0,307 | 0,349 | 0,317 | 0,367 | 0,400 | 0,414 | 0,331 | 0,385 | 0,419 | 0,407 | 0,443 |
| 2 VII         | 0,320 | 0,254 | 0,493 | 0,342 | 0,346 | 0,316 | 0,577 | 0,542 | 0,393 | 0,327 | 0,401 | 0,423 | 0,421 | 0,478 |
| 2 VIII        | 0,340 | 0,261 | 0,446 | 0,266 | 0,385 | 0,302 | 0,385 | 0,396 | 0,401 | 0,337 | 0,364 | 0,448 | 0,419 | 0,460 |
| 3 I           | 0,353 | 0,313 | 0,503 | 0,314 | 0,358 | 0,327 | 0,387 | 0,438 | 0,438 | 0,308 | 0,325 | 0,462 | 0,462 | 0,504 |
| 3 II          | 0,374 | 0,278 | 0,500 | 0,532 | 0,339 | 0,342 | 0,386 | 0,382 | 0,442 | 0,366 | 0,437 | 0,514 | 0,457 | 0,550 |
| 3 III         | 0,415 | 0,329 | 0,602 | 0,477 | 0,373 | 0,459 | 0,254 | 0,262 | 0,444 | 0,339 | 0,465 | 0,558 | 0,578 | 0,677 |
| 3 IV          | 0,464 | 0,315 | 0,571 | 0,439 | 0,447 | 0,419 | 0,510 | 0,464 | 0,455 | 0,425 | 0,504 | 0,566 | 0,554 | 0,640 |
| 3 V           | 0,375 | 0,323 | 0,511 | 0,337 | 0,340 | 0,356 | 0,410 | 0,393 | 0,460 | 0,382 | 0,292 | 0,497 | 0,522 | 0,527 |
| 3 VI          | 0,341 | 0,289 | 0,484 | 0,367 | 0,343 | 0,319 | 0,358 | 0,379 | 0,389 | 0,283 | 0,403 | 0,419 | 0,453 | 0,488 |
| 3 VII         | 0,383 | 0,273 | 0,470 | 0,343 | 0,356 | 0,331 | 0,368 | 0,438 | 0,397 | 0,313 | 0,350 | 0,422 | 0,407 | 0,450 |
| 3 VIII        | 0,338 | 0,283 | 0,451 | 0,285 | 0,321 | 0,339 | 0,373 | 0,345 | 0,371 | 0,339 | 0,374 | 0,414 | 0,438 | 0,404 |
| 4 I           | 0,373 | 0,294 | 0,500 | 0,302 | 0,346 | 0,340 | 0,406 | 0,387 | 0,418 | 0,394 | 0,369 | 0,416 | 0,447 | 0,503 |
| 4 II          | 0,375 | 0,278 | 0,486 | 0,296 | 0,344 | 0,345 | 0,377 | 0,397 | 0,400 | 0,350 | 0,404 | 0,405 | 0,442 | 0,553 |
| 4 III         | 0,427 | 0,323 | 0,621 | 0,419 | 0,479 | 0,442 | 0,478 | 0,478 | 0,528 | 0,458 | 0,509 | 0,514 | 0,527 | 0,627 |
| 4 IV          | 0,440 | 0,395 | 0,667 | 0,435 | 0,445 | 0,530 | 0,481 | 0,529 | 0,527 | 0,496 | 0,161 | 0,617 | 0,573 | 0,643 |
| 4 V           | 0,459 | 0,264 | 0,556 | 0,412 | 0,410 | 0,435 | 0,468 | 0,496 | 0,492 | 0,462 | 0,453 | 0,526 | 0,539 | 0,571 |
| 4 VI          | 0,399 | 0,265 | 0,477 | 0,315 | 0,331 | 0,331 | 0,362 | 0,368 | 0,389 | 0,324 | 0,367 | 0,438 | 0,475 | 0,453 |
| 4 VII         | 0,343 | 0,238 | 0,443 | 0,290 | 0,350 | 0,350 | 0,356 | 0,373 | 0,383 | 0,335 | 0,364 | 0,391 | 0,425 | 0,504 |
| 4 VIII        | 0,301 | 0,235 | 0,438 | 0,309 | 0,338 | 0,316 | 0,338 | 0,361 | 0,357 | 0,302 | 0,387 | 0,390 | 0,425 | 0,444 |
| 5 I           | 0,358 | 0,241 | 0,422 | 0,286 | 0,347 | 0,281 | 0,365 | 0,337 | 0,477 | 0,322 | 0,388 | 0,429 | 0,424 | 0,425 |
| 5 II          | 0,446 | 0,347 | 0,566 | 0,445 | 0,465 | 0,410 | 0,471 | 0,469 | 0,471 | 0,386 | 0,469 | 0,533 | 0,586 | 0,517 |
| 5 III         | 0,523 | 0,386 | 0,640 | 0,449 | 0,516 | 0,537 | 0,595 | 0,575 | 0,613 | 0,511 | 0,606 | 0,626 | 0,674 | 0,689 |
| 5 IV          | 0,477 | 0,348 | 0,596 | 0,433 | 0,439 | 0,419 | 0,486 | 0,493 | 0,520 | 0,434 | 0,516 | 0,538 | 0,554 | 0,581 |
| 5 V           | 0,461 | 0,336 | 0,565 | 0,360 | 0,429 | 0,400 | 0,466 | 0,459 | 0,515 | 0,448 | 0,483 | 0,496 | 0,518 | 0,528 |
| 5 VI          | 0,329 | 0,257 | 0,444 | 0,277 | 0,348 | 0,301 | 0,366 | 0,316 | 0,386 | 0,308 | 0,434 | 0,456 | 0,438 | 0,484 |
| 5 VII         | 0,376 | 0,283 | 0,471 | 0,325 | 0,348 | 0,326 | 0,382 | 0,403 | 0,380 | 0,283 | 0,392 | 0,409 | 0,426 | 0,472 |
| 5 VIII        | 0,372 | 0,269 | 0,437 | 0,340 | 0,370 | 0,302 | 0,358 | 0,381 | 0,411 | 0,257 | 0,384 | 0,405 | 0,440 | 0,429 |
| 6 I           | 0,519 | 0,374 | 0,595 | 0,462 | 0,574 | 0,528 | 0,504 | 0,581 | 0,533 | 0,543 | 0,600 | 0,670 | 0,680 | 0,734 |
| 6 II          | 0,545 | 0,380 | 0,677 | 0,483 | 0,555 | 0,469 | 0,592 | 0,583 | 0,565 | 0,507 | 0,554 | 0,664 | 0,665 | 0,641 |
| 6 III         | 0,471 | 0,411 | 0,596 | 0,416 | 0,449 | 0,390 | 0,493 | 0,484 | 0,478 | 0,520 | 0,544 | 0,539 | 0,583 | 0,640 |
| 6 IV          | 0,425 | 0,335 | 0,574 | 0,407 | 0,429 | 0,441 | 0,426 | 0,484 | 0,440 | 0,430 | 0,465 | 0,537 | 0,550 | 0,541 |
| 6 V           | 0,364 | 0,236 | 0,479 | 0,342 | 0,416 | 0,357 | 0,374 | 0,384 | 0,410 | 0,364 | 0,406 | 0,446 | 0,504 | 0,470 |
| 6 VI          | 0,360 | 0,271 | 0,489 | 0,340 | 0,341 | 0,348 | 0,351 | 0,378 | 0,418 | 0,352 | 0,406 | 0,434 | 0,462 | 0,445 |
| 6 VII         | 0,344 | 0,244 | 0,418 | 0,305 | 0,343 | 0,316 | 0,397 | 0,374 | 0,382 | 0,325 | 0,389 | 0,410 | 0,445 | 0,456 |
| 6 VIII        | 0,333 | 0,251 | 0,431 | 0,309 | 0,304 | 0,140 | 0,331 | 0,344 | 0,354 | 0,333 | 0,393 | 0,389 | 0,418 | 0,434 |
| 7 I           | 0,465 | 0,327 | 0,640 | 0,384 | 0,483 | 0,371 | 0,456 | 0,497 | 0,492 | 0,496 | 0,482 | 0,496 | 0,521 | 0,514 |
| 7 II          | 0,493 | 0,361 | 0,594 | 0,409 | 0,512 | 0,391 | 0,602 | 0,340 | 0,507 | 0,497 | 0,603 | 0,535 | 0,672 | 0,556 |
| 7 III         | 0,426 | 0,349 | 0,614 | 0,373 | 0,438 | 0,409 | 0,455 | 0,446 | 0,212 | 0,377 | 0,518 | 0,516 | 0,571 | 0,547 |
| 7 IV          | 0,401 | 0,315 | 0,532 | 0,326 | 0,414 | 0,358 | 0,417 | 0,471 | 0,459 | 0,366 | 0,447 | 0,543 | 0,532 | 0,578 |
| 7 V           | 0,396 | 0,298 | 0,487 | 0,343 | 0,386 | 0,339 | 0,396 | 0,421 | 0,430 | 0,316 | 0,442 | 0,469 | 0,476 | 0,512 |
| 7 VI          | 0,391 | 0,304 | 0,532 | 0,297 | 0,229 | 0,395 | 0,418 | 0,461 | 0,480 | 0,371 | 0,396 | 0,455 | 0,472 | 0,516 |
| 7 VII         | 0,320 | 0,242 | 0,620 | 0,239 | 0,308 | 0,301 | 0,327 | 0,444 | 0,339 | 0,335 | 0,315 | 0,367 | 0,389 | 0,384 |
| 7 VIII        | 0,273 | 0,218 | 0,390 | 0,294 | 0,270 | 0,281 | 0,349 | 0,327 | 0,311 | 0,282 | 0,287 | 0,326 | 0,345 | 0,377 |
| 8 I           | 0,492 | 0,311 | 0,523 | 0,352 | 0,424 | 0,403 | 0,421 | 0,397 | 0,476 | 0,358 | 0,490 | 0,492 | 0,492 | 0,522 |
| 8 II          | 0,481 | 0,323 | 0,543 | 0,383 | 0,472 | 0,420 | 0,431 | 0,465 | 0,484 | 0,387 | 0,497 | 0,517 | 0,556 | 0,606 |
| 8 III         | 0,444 | 0,369 | 0,564 | 0,412 | 0,497 | 0,425 | 0,427 | 0,487 | 0,480 | 0,467 | 0,492 | 0,507 | 0,568 | 0,567 |
| 8 IV          | 0,452 | 0,358 | 0,621 | 0,413 | 0,478 | 0,403 | 0,500 | 0,486 | 0,613 | 0,446 | 0,527 | 0,574 | 0,533 | 0,529 |
| 8 V           | 0,402 | 0,316 | 0,575 | 0,380 | 0,387 | 0,383 | 0,882 | 0,472 | 0,468 | 0,419 | 0,457 | 0,462 | 0,492 | 0,548 |
| 8 VI          | 0,455 | 0,313 | 0,469 | 0,310 | 0,414 | 0,370 | 0,410 | 0,413 | 0,409 | 0,353 | 0,429 | 0,431 | 0,466 | 0,517 |
| 8 VII         | 0,361 | 0,244 | 0,405 | 0,315 | 0,327 | 0,321 | 0,345 | 0,356 | 0,336 | 0,319 | 0,365 | 0,396 | 0,401 | 0,391 |
| 8 VIII        | 0,338 | 0,253 | 0,422 | 0,325 | 0,309 | 0,335 | 0,364 | 0,373 | 0,376 | 0,321 | 0,395 | 0,383 | 0,419 | 0,402 |
| 9 I           | 0,381 | 0,294 | 0,484 | 0,346 | 0,389 | 0,329 | 0,345 | 0,430 | 0,470 | 0,349 | 0,424 | 0,495 | 0,497 | 0,500 |
| 9 II          | 0,467 | 0,339 | 0,532 | 0,424 | 0,393 | 0,355 | 0,398 | 0,394 | 0,493 | 0,399 | 0,507 | 0,475 | 0,539 | 0,623 |
| 9 III         | 0,468 | 0,294 | 0,500 | 0,434 | 0,419 | 0,402 | 0,409 | 0,429 | 0,121 | 0,400 | 0,496 | 0,495 | 0,534 | 0,556 |
| 9 IV          | 0,444 | 0,330 | 0,487 | 0,357 | 0,410 | 0,348 | 0,419 | 0,449 | 0,417 | 0,423 | 0,412 | 0,421 | 0,436 | 0,510 |
| 9 V           | 0,413 | 0,269 | 0,474 | 0,349 | 0,382 | 0,382 | 0,403 | 0,394 | 0,440 | 0,360 | 0,720 | 0,453 | 0,484 | 0,469 |
| 9 VI          | 0,366 | 0,292 | 0,462 | 0,353 | 0,385 | 0,374 | 0,391 | 0,405 | 0,428 | 0,349 | 0,413 | 0,412 | 0,438 | 0,461 |
| 9 VII         | 0,306 | 0,274 | 0,419 | 0,266 | 0,356 | 0,328 | 0,347 | 0,379 | 0,394 | 0,344 | 0,375 | 0,397 | 0,410 | 0,420 |
| 9 VIII        | 0,299 | 0,250 | 0,385 | 0,246 | 0,285 | 0,256 | 0,300 | 0,332 | 0,335 | 0,292 | 0,330 | 0,359 | 0,381 | 0,430 |

Tabela A2.1 (Continuação)

| Bloquinho/Dia | 27/02 | 14/03 | 26/03 | 09/04 | 02/05 | 20/05 | 04/06 | 17/06 | 28/06 | 14/07 | 31/07 |
|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1 I           | 0,363 | 0,392 | 0,410 | 0,389 | 0,244 | 0,271 | 0,245 | 0,243 | 0,411 | 0,409 | 0,385 |
| 1 II          | 0,344 | 0,361 | 0,373 | 0,403 | 0,180 | 0,314 | 0,273 | 0,231 | 0,392 | 0,407 | 0,358 |
| 1 III         | 0,344 | 0,379 | 0,442 | 0,446 | 0,244 | 0,306 | 0,261 | 0,299 | 0,425 | 0,435 | 0,444 |
| 1 IV          | 0,384 | 0,387 | 0,406 | 0,420 | 0,203 | 0,322 | 0,268 | 0,249 | 0,388 | 0,420 | 0,376 |
| 1 V           | 0,380 | 0,406 | 0,415 | 0,396 | 0,247 | 0,296 | 0,231 | 0,189 | 0,386 | 0,381 | 0,372 |
| 1 VI          | 0,296 | 0,364 | 0,389 | 0,382 | 0,193 | 0,259 | 0,258 | 0,255 | 0,399 | 0,351 | 0,333 |
| 1 VII         | 0,306 | 0,351 | 0,393 | 0,380 | 0,209 | 0,289 | 0,215 | 0,214 | 0,390 | 0,377 | 0,333 |
| 1 VIII        | 0,303 | 0,370 | 0,393 | 0,386 | 0,218 | 0,270 | 0,216 | 0,201 | 0,376 | 0,390 | 0,350 |
| 2 I           | 0,398 | 0,352 | 0,414 | 0,405 | 0,223 | 0,309 | 0,243 | 0,251 | 0,394 | 0,406 | 0,341 |
| 2 II          | 0,339 | 0,395 | 0,431 | 0,432 | 0,239 | 0,295 | 0,240 | 0,248 | 0,391 | 0,394 | 0,376 |
| 2 III         | 0,410 | 0,411 | 0,580 | 0,450 | 0,239 | 0,325 | 0,244 | 0,248 | 0,430 | 0,439 | 0,215 |
| 2 IV          | 0,425 | 0,456 | 0,447 | 0,444 | 0,234 | 0,286 | 0,232 | 0,252 | 0,433 | 0,390 | 0,310 |
| 2 V           | 0,387 | 0,333 | 0,389 | 0,406 | 0,204 | 0,286 | 0,226 | 0,227 | 0,399 | 0,392 | 0,452 |
| 2 VI          | 0,320 | 0,371 | 0,358 | 0,351 | 0,189 | 0,312 | 0,194 | 0,207 | 0,348 | 0,376 | 0,386 |
| 2 VII         | 0,351 | 0,337 | 0,367 | 0,367 | 0,191 | 0,272 | 0,243 | 0,217 | 0,370 | 0,350 | 0,299 |
| 2 VIII        | 0,335 | 0,356 | 0,361 | 0,363 | 0,190 | 0,260 | 0,177 | 0,184 | 0,342 | 0,350 | 0,395 |
| 3 I           | 0,342 | 0,370 | 0,391 | 0,389 | 0,204 | 0,296 | 0,222 | 0,199 | 0,398 | 0,411 | 0,361 |
| 3 II          | 0,379 | 0,385 | 0,404 | 0,415 | 0,207 | 0,314 | 0,253 | 0,257 | 0,382 | 0,401 | 0,418 |
| 3 III         | 0,512 | 0,446 | 0,461 | 0,467 | 0,278 | 0,410 | 0,293 | 0,324 | 0,482 | 0,463 | 0,443 |
| 3 IV          | 0,489 | 0,485 | 0,475 | 0,474 | 0,314 | 0,386 | 0,295 | 0,260 | 0,458 | 0,453 | 0,438 |
| 3 V           | 0,398 | 0,426 | 0,427 | 0,424 | 0,260 | 0,312 | 0,261 | 0,270 | 0,426 | 0,404 | 0,399 |
| 3 VI          | 0,267 | 0,377 | 0,405 | 0,399 | 0,181 | 0,310 | 0,242 | 0,210 | 0,343 | 0,385 | 0,411 |
| 3 VII         | 0,331 | 0,346 | 0,392 | 0,393 | 0,216 | 0,297 | 0,232 | 0,226 | 0,369 | 0,406 | 0,364 |
| 3 VIII        | 0,350 | 0,319 | 0,357 | 0,369 | 0,238 | 0,293 | 0,251 | 0,202 | 0,353 | 0,393 | 0,343 |
| 4 I           | 0,348 | 0,384 | 0,394 | 0,385 | 0,211 | 0,312 | 0,253 | 0,214 | 0,366 | 0,395 | 0,358 |
| 4 II          | 0,290 | 0,351 | 0,394 | 0,236 | 0,234 | 0,355 | 0,286 | 0,257 | 0,379 |       | 0,365 |
| 4 III         | 0,429 | 0,446 | 0,484 | 0,471 | 0,283 | 0,382 | 0,355 | 0,277 | 0,468 | 0,444 | 0,453 |
| 4 IV          | 0,395 | 0,512 | 0,517 | 0,521 | 0,329 | 0,403 | 0,360 | 0,306 | 0,519 | 0,484 | 0,461 |
| 4 V           | 0,402 | 0,468 | 0,485 | 0,481 | 0,237 | 0,372 | 0,303 | 0,279 | 0,460 | 0,450 | 0,450 |
| 4 VI          | 0,273 | 0,383 | 0,390 | 0,388 | 0,192 | 0,296 | 0,293 | 0,241 | 0,383 | 0,360 | 0,354 |
| 4 VII         | 0,316 | 0,337 | 0,369 | 0,363 | 0,202 | 0,276 | 0,220 | 0,217 | 0,342 | 0,328 | 0,322 |
| 4 VIII        | 0,299 | 0,319 | 0,352 | 0,342 | 0,215 | 0,286 | 0,220 | 0,218 | 0,354 | 0,355 | 0,332 |
| 5 I           | 0,313 | 0,344 | 0,346 | 0,376 | 0,290 | 0,224 | 0,258 | 0,214 | 0,380 | 0,375 | 0,328 |
| 5 II          | 0,389 | 0,411 | 0,484 | 0,476 | 0,333 | 0,356 | 0,277 | 0,326 | 0,411 | 0,435 | 0,451 |
| 5 III         | 0,468 | 0,415 | 0,511 | 0,561 | 0,293 | 0,369 | 0,363 | 0,424 | 0,580 | 0,496 | 0,568 |
| 5 IV          | 0,482 | 0,562 | 0,490 | 0,485 | 0,263 | 0,406 | 0,403 | 0,311 | 0,485 | 0,464 | 0,466 |
| 5 V           | 0,432 | 0,459 | 0,438 | 0,453 | 0,221 | 0,320 | 0,278 | 0,262 | 0,469 | 0,453 | 0,399 |
| 5 VI          | 0,305 | 0,304 | 0,402 | 0,397 | 0,207 | 0,289 | 0,204 | 0,222 | 0,399 | 0,390 | 0,347 |
| 5 VII         | 0,331 | 0,362 | 0,386 | 0,363 | 0,182 | 0,299 | 0,243 | 0,229 | 0,375 | 0,394 | 0,382 |
| 5 VIII        | 0,341 | 0,301 | 0,372 | 0,369 | 0,191 | 0,313 | 0,227 | 0,226 | 0,371 | 0,351 | 0,356 |
| 6 I           | 0,465 | 0,500 | 0,587 | 0,581 | 0,291 | 0,575 | 0,371 | 0,338 | 0,533 | 0,592 | 0,602 |
| 6 II          | 0,446 | 0,527 | 0,579 | 0,586 | 0,304 | 0,419 | 0,384 | 0,305 | 0,532 | 0,533 | 0,500 |
| 6 III         | 0,421 | 0,456 | 0,496 | 0,493 | 0,310 | 0,427 | 0,297 | 0,307 | 0,542 | 0,524 | 0,453 |
| 6 IV          | 0,429 | 0,487 | 0,449 | 0,415 | 0,232 | 0,484 | 0,333 | 0,311 | 0,461 | 0,452 | 0,471 |
| 6 V           | 0,333 | 0,382 | 0,453 | 0,417 | 0,250 | 0,354 | 0,253 | 0,291 | 0,388 | 0,400 | 0,393 |
| 6 VI          | 0,324 | 0,366 | 0,400 | 0,386 | 0,191 | 0,301 | 0,224 | 0,222 | 0,386 | 0,371 | 0,371 |
| 6 VII         | 0,347 | 0,340 | 0,401 | 0,373 | 0,222 | 0,299 | 0,201 | 0,227 | 0,388 | 0,385 | 0,354 |
| 6 VIII        | 0,286 | 0,315 | 0,356 | 0,412 | 0,219 | 0,237 | 0,186 | 0,195 | 0,332 | 0,331 | 0,315 |
| 7 I           | 0,333 | 0,436 | 0,519 | 0,510 | 0,311 | 0,353 | 0,315 | 0,314 | 0,548 | 0,395 | 0,448 |
| 7 II          | 0,400 | 0,429 | 0,563 | 0,553 | 0,339 | 0,359 | 0,332 | 0,356 | 0,488 | 0,467 | 0,449 |
| 7 III         | 0,385 | 0,468 | 0,524 | 0,497 | 0,291 | 0,352 | 0,348 | 0,349 | 0,537 | 0,512 | 0,479 |
| 7 IV          | 0,397 | 0,426 | 0,446 | 0,440 | 0,315 | 0,311 | 0,329 | 0,273 | 0,461 | 0,477 | 0,428 |
| 7 V           | 0,358 | 0,384 | 0,416 | 0,393 | 0,469 | 0,235 | 0,287 | 0,241 | 0,433 | 0,411 | 0,404 |
| 7 VI          | 0,338 | 0,384 | 0,410 | 0,404 | 0,259 | 0,274 | 0,280 | 0,283 | 0,453 | 0,433 | 0,434 |
| 7 VII         | 0,246 | 0,299 | 0,356 | 0,350 | 0,175 | 0,252 | 0,188 | 0,216 | 0,315 | 0,303 | 0,339 |
| 7 VIII        | 0,245 | 0,314 | 0,319 | 0,308 | 0,166 | 0,243 | 0,191 | 0,157 | 0,324 | 0,292 | 0,307 |
| 8 I           | 0,441 | 0,454 | 0,441 | 0,411 | 0,268 | 0,342 | 0,313 | 0,273 | 0,484 | 0,440 | 0,404 |
| 8 II          | 0,355 | 0,458 | 0,450 | 0,458 | 0,249 | 0,373 | 0,297 | 0,294 | 0,464 | 0,427 | 0,411 |
| 8 III         | 0,426 | 0,475 | 0,487 | 0,461 | 0,322 | 0,265 | 0,281 | 0,335 | 0,468 | 0,457 | 0,432 |
| 8 IV          | 0,511 | 0,424 | 0,481 | 0,466 | 0,264 | 0,319 | 0,314 | 0,262 | 0,458 | 0,451 | 0,445 |
| 8 V           | 0,344 | 0,424 | 0,437 | 0,437 | 0,223 | 0,296 | 0,299 | 0,247 | 0,447 | 0,411 | 0,412 |
| 8 VI          | 0,287 | 0,384 | 0,399 | 0,440 | 0,296 | 0,313 | 0,275 | 0,247 | 0,407 | 0,373 | 0,370 |
| 8 VII         | 0,335 | 0,313 | 0,358 | 0,339 | 0,155 | 0,305 | 0,227 | 0,212 | 0,348 | 0,341 | 0,300 |
| 8 VIII        | 0,266 | 0,330 | 0,352 | 0,335 | 0,164 | 0,295 | 0,204 | 0,219 | 0,346 | 0,331 | 0,310 |
| 9 I           | 0,404 | 0,369 | 0,410 | 0,394 | 0,229 | 0,373 | 0,270 | 0,303 | 0,406 | 0,401 | 0,424 |
| 9 II          | 0,438 | 0,381 | 0,445 | 0,446 | 0,296 | 0,356 | 0,290 | 0,260 | 0,500 | 0,405 | 0,416 |
| 9 III         | 0,445 | 0,422 | 0,497 | 0,488 | 0,247 | 0,552 | 0,257 | 0,261 | 0,436 | 0,440 | 0,420 |
| 9 IV          | 0,346 | 0,381 | 0,441 | 0,433 | 0,248 | 0,299 | 0,308 | 0,478 | 0,410 | 0,401 | 0,371 |
| 9 V           | 0,370 | 0,328 | 0,412 | 0,399 | 0,211 | 0,355 | 0,228 | 0,282 | 0,390 | 0,442 | 0,407 |
| 9 VI          | 0,385 | 0,383 | 0,378 | 0,385 | 0,253 | 0,251 | 0,269 | 0,262 | 0,374 | 0,383 | 0,384 |
| 9 VII         | 0,311 | 0,332 | 0,372 | 0,359 | 0,239 | 0,307 | 0,232 | 0,220 | 0,369 | 0,321 | 0,360 |
| 9 VIII        | 0,277 | 0,326 | 0,298 | 0,333 | 0,231 | 0,112 | 0,200 | 0,205 | 0,333 | 0,380 | 0,338 |

Tabela A.2.2 Dados da umidade volumétrica (cm<sup>3</sup>/cm<sup>3</sup>)

| Bloquinho/Dia | 02/08 | 31/08 | 14/09 | 28/09 | 13/10 | 26/10 | 10/11 | 23/11 | 07/12 | 21/12 | 04/01 | 18/01 | 01/02 | 15/02 |
|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1 I           | 0,368 | 0,273 | 0,534 | 0,341 | 0,396 | 0,340 | 0,421 | 0,440 | 0,446 | 0,319 | 0,468 | 0,499 | 0,497 | 0,567 |
| 1 II          | 0,379 | 0,261 | 0,515 | 0,370 | 0,355 | 0,361 | 0,427 | 0,417 | 0,462 | 0,353 | 0,440 | 0,498 | 0,490 | 0,570 |
| 1 III         | 0,504 | 0,325 | 0,664 | 0,445 | 0,476 | 0,406 | 0,518 | 0,517 | 0,493 | 0,415 | 0,540 | 0,588 | 0,630 | 0,604 |
| 1 IV          | 0,410 | 0,292 | 0,536 | 0,347 | 0,428 | 0,424 | 0,410 |       | 0,474 | 0,396 | 0,453 | 0,771 | 0,535 | 0,508 |
| 1 V           | 0,417 | 0,281 | 0,511 | 0,312 | 0,368 | 0,301 | 0,407 | 0,407 | 0,416 | 0,333 | 0,439 | 0,288 | 0,485 | 0,561 |
| 1 VI          | 0,373 | 0,271 | 0,526 | 0,307 | 0,385 | 0,325 | 0,425 | 0,392 | 0,425 | 0,342 | 0,413 | 0,497 | 0,482 | 0,529 |
| 1 VII         | 0,457 | 0,272 | 0,518 | 0,381 | 0,438 | 0,351 | 0,441 | 0,451 | 0,471 | 0,407 | 0,438 | 0,573 | 0,487 | 0,544 |
| 1 VIII        | 0,452 | 0,311 | 0,563 | 0,371 | 0,445 | 0,441 | 0,437 | 0,421 | 0,442 | 0,379 | 0,464 | 0,533 | 0,538 | 0,540 |
| 2 I           | 0,459 | 0,343 | 0,621 | 0,444 | 0,433 | 0,398 | 0,580 | 0,653 | 0,529 | 0,454 | 0,506 | 0,535 | 0,559 | 0,632 |
| 2 II          | 0,492 | 0,371 | 0,615 | 0,445 | 0,473 | 0,429 | 0,521 | 0,494 | 0,537 | 0,513 | 0,534 | 0,546 | 0,561 | 0,647 |
| 2 III         | 0,384 | 0,317 | 0,582 | 0,363 | 0,506 | 0,394 | 0,453 | 0,483 | 0,497 | 0,451 | 0,475 | 0,503 | 0,530 | 0,622 |
| 2 IV          | 0,537 | 0,424 | 0,689 | 0,468 | 0,555 | 0,473 | 0,540 | 0,595 | 0,660 | 0,543 | 0,590 | 0,614 | 0,683 | 0,678 |
| 2 V           | 0,447 | 0,305 | 0,575 | 0,410 | 0,418 | 0,420 | 0,489 | 0,470 | 0,509 | 0,454 | 0,518 | 0,499 | 0,574 | 0,560 |
| 2 VI          | 0,437 | 0,327 | 0,603 | 0,382 | 0,434 | 0,395 | 0,456 | 0,498 | 0,515 | 0,412 | 0,479 | 0,521 | 0,507 | 0,551 |
| 2 VII         | 0,417 | 0,331 | 0,643 | 0,447 | 0,452 | 0,412 | 0,752 | 0,708 | 0,513 | 0,427 | 0,523 | 0,551 | 0,549 | 0,623 |
| 2 VIII        | 0,413 | 0,317 | 0,542 | 0,324 | 0,468 | 0,367 | 0,468 | 0,481 | 0,488 | 0,410 | 0,443 | 0,544 | 0,510 | 0,560 |
| 3 I           | 0,386 | 0,342 | 0,550 | 0,343 | 0,392 | 0,357 | 0,423 | 0,479 | 0,479 | 0,336 | 0,355 | 0,505 | 0,505 | 0,551 |
| 3 II          | 0,429 | 0,319 | 0,573 | 0,609 | 0,389 | 0,392 | 0,442 | 0,438 | 0,506 | 0,420 | 0,501 | 0,589 | 0,524 | 0,630 |
| 3 III         | 0,472 | 0,374 | 0,683 | 0,541 | 0,423 | 0,521 | 0,289 | 0,298 | 0,505 | 0,385 | 0,528 | 0,633 | 0,656 | 0,769 |
| 3 IV          | 0,476 | 0,324 | 0,585 | 0,450 | 0,459 | 0,430 | 0,524 | 0,476 | 0,467 | 0,436 | 0,517 | 0,581 | 0,568 | 0,656 |
| 3 V           | 0,441 | 0,380 | 0,601 | 0,397 | 0,399 | 0,418 | 0,482 | 0,461 | 0,540 | 0,448 | 0,343 | 0,584 | 0,613 | 0,619 |
| 3 VI          | 0,426 | 0,361 | 0,604 | 0,459 | 0,428 | 0,399 | 0,447 | 0,473 | 0,485 | 0,354 | 0,503 | 0,523 | 0,565 | 0,609 |
| 3 VII         | 0,471 | 0,336 | 0,579 | 0,422 | 0,438 | 0,408 | 0,452 | 0,539 | 0,488 | 0,385 | 0,431 | 0,519 | 0,501 | 0,554 |
| 3 VIII        | 0,456 | 0,383 | 0,609 | 0,385 | 0,434 | 0,458 | 0,504 | 0,466 | 0,501 | 0,458 | 0,506 | 0,559 | 0,591 | 0,546 |
| 4 I           | 0,421 | 0,331 | 0,563 | 0,340 | 0,389 | 0,383 | 0,457 | 0,436 | 0,471 | 0,443 | 0,416 | 0,468 | 0,504 | 0,567 |
| 4 II          | 0,425 | 0,315 | 0,551 | 0,336 | 0,390 | 0,392 | 0,427 | 0,450 | 0,453 | 0,396 | 0,458 | 0,459 | 0,501 | 0,627 |
| 4 III         | 0,468 | 0,355 | 0,681 | 0,460 | 0,525 | 0,485 | 0,524 | 0,525 | 0,579 | 0,503 | 0,559 | 0,563 | 0,578 | 0,687 |
| 4 IV          | 0,427 | 0,383 | 0,647 | 0,423 | 0,432 | 0,515 | 0,468 | 0,514 | 0,512 | 0,482 | 0,157 | 0,599 | 0,557 | 0,624 |
| 4 V           | 0,560 | 0,322 | 0,678 | 0,502 | 0,500 | 0,530 | 0,570 | 0,605 | 0,599 | 0,563 | 0,553 | 0,642 | 0,657 | 0,697 |
| 4 VI          | 0,457 | 0,304 | 0,547 | 0,361 | 0,380 | 0,380 | 0,416 | 0,422 | 0,447 | 0,371 | 0,421 | 0,502 | 0,545 | 0,520 |
| 4 VII         | 0,417 | 0,289 | 0,539 | 0,353 | 0,425 | 0,426 | 0,433 | 0,454 | 0,466 | 0,408 | 0,442 | 0,476 | 0,517 | 0,612 |
| 4 VIII        | 0,388 | 0,303 | 0,563 | 0,398 | 0,435 | 0,406 | 0,434 | 0,464 | 0,459 | 0,388 | 0,498 | 0,501 | 0,547 | 0,571 |
| 5 I           | 0,451 | 0,303 | 0,531 | 0,360 | 0,437 | 0,354 | 0,459 | 0,424 | 0,601 | 0,406 | 0,488 | 0,539 | 0,534 | 0,534 |
| 5 II          | 0,489 | 0,380 | 0,620 | 0,488 | 0,509 | 0,449 | 0,516 | 0,513 | 0,516 | 0,423 | 0,514 | 0,584 | 0,642 | 0,567 |
| 5 III         | 0,479 | 0,353 | 0,586 | 0,411 | 0,472 | 0,491 | 0,544 | 0,527 | 0,561 | 0,467 | 0,555 | 0,573 | 0,617 | 0,630 |
| 5 IV          | 0,528 | 0,385 | 0,661 | 0,479 | 0,486 | 0,464 | 0,538 | 0,546 | 0,576 | 0,480 | 0,572 | 0,596 | 0,613 | 0,644 |
| 5 V           | 0,459 | 0,334 | 0,563 | 0,359 | 0,428 | 0,398 | 0,464 | 0,458 | 0,513 | 0,446 | 0,481 | 0,494 | 0,516 | 0,526 |
| 5 VI          | 0,451 | 0,353 | 0,609 | 0,380 | 0,477 | 0,412 | 0,501 | 0,433 | 0,529 | 0,422 | 0,594 | 0,625 | 0,600 | 0,663 |
| 5 VII         | 0,483 | 0,363 | 0,605 | 0,417 | 0,447 | 0,418 | 0,491 | 0,517 | 0,488 | 0,364 | 0,504 | 0,525 | 0,548 | 0,607 |
| 5 VIII        | 0,409 | 0,297 | 0,481 | 0,374 | 0,407 | 0,333 | 0,394 | 0,419 | 0,452 | 0,283 | 0,423 | 0,446 | 0,485 | 0,473 |
| 6 I           | 0,534 | 0,384 | 0,611 | 0,474 | 0,590 | 0,542 | 0,518 | 0,597 | 0,548 | 0,558 | 0,617 | 0,688 | 0,698 | 0,754 |
| 6 II          | 0,538 | 0,374 | 0,667 | 0,476 | 0,547 | 0,462 | 0,583 | 0,574 | 0,557 | 0,500 | 0,546 | 0,654 | 0,655 | 0,632 |
| 6 III         | 0,485 | 0,424 | 0,614 | 0,429 | 0,463 | 0,402 | 0,509 | 0,499 | 0,493 | 0,537 | 0,561 | 0,556 | 0,602 | 0,660 |
| 6 IV          | 0,447 | 0,352 | 0,602 | 0,428 | 0,450 | 0,463 | 0,447 | 0,508 | 0,462 | 0,452 | 0,488 | 0,564 | 0,578 | 0,568 |
| 6 V           | 0,459 | 0,298 | 0,605 | 0,431 | 0,525 | 0,450 | 0,472 | 0,485 | 0,517 | 0,459 | 0,512 | 0,563 | 0,635 | 0,592 |
| 6 VI          | 0,430 | 0,323 | 0,584 | 0,406 | 0,408 | 0,415 | 0,419 | 0,451 | 0,499 | 0,421 | 0,485 | 0,519 | 0,551 | 0,532 |
| 6 VII         | 0,372 | 0,264 | 0,453 | 0,330 | 0,371 | 0,342 | 0,429 | 0,405 | 0,413 | 0,352 | 0,421 | 0,443 | 0,482 | 0,494 |
| 6 VIII        | 0,433 | 0,326 | 0,559 | 0,401 | 0,395 | 0,182 | 0,430 | 0,447 | 0,460 | 0,433 | 0,511 | 0,505 | 0,542 | 0,564 |
| 7 I           | 0,511 | 0,359 | 0,703 | 0,421 | 0,531 | 0,408 | 0,501 | 0,545 | 0,540 | 0,544 | 0,529 | 0,545 | 0,572 | 0,564 |
| 7 II          | 0,510 | 0,373 | 0,615 | 0,423 | 0,529 | 0,405 | 0,622 | 0,352 | 0,525 | 0,514 | 0,624 | 0,554 | 0,695 | 0,576 |
| 7 III         | 0,452 | 0,371 | 0,651 | 0,395 | 0,465 | 0,434 | 0,483 | 0,473 | 0,225 | 0,400 | 0,550 | 0,547 | 0,606 | 0,580 |
| 7 IV          | 0,476 | 0,373 | 0,631 | 0,386 | 0,490 | 0,424 | 0,494 | 0,558 | 0,544 | 0,434 | 0,530 | 0,643 | 0,631 | 0,685 |
| 7 V           | 0,458 | 0,344 | 0,563 | 0,396 | 0,446 | 0,391 | 0,458 | 0,487 | 0,497 | 0,366 | 0,511 | 0,542 | 0,550 | 0,591 |
| 7 VI          | 0,453 | 0,353 | 0,616 | 0,344 | 0,265 | 0,457 | 0,485 | 0,534 | 0,557 | 0,430 | 0,459 | 0,528 | 0,547 | 0,598 |
| 7 VII         | 0,433 | 0,327 | 0,840 | 0,323 | 0,417 | 0,408 | 0,443 | 0,600 | 0,458 | 0,454 | 0,426 | 0,497 | 0,526 | 0,519 |
| 7 VIII        | 0,371 | 0,296 | 0,530 | 0,399 | 0,368 | 0,383 | 0,474 | 0,444 | 0,423 | 0,383 | 0,390 | 0,443 | 0,469 | 0,512 |
| 8 I           | 0,543 | 0,343 | 0,577 | 0,388 | 0,468 | 0,444 | 0,464 | 0,438 | 0,525 | 0,395 | 0,541 | 0,542 | 0,543 | 0,575 |
| 8 II          | 0,554 | 0,371 | 0,625 | 0,440 | 0,543 | 0,483 | 0,495 | 0,535 | 0,557 | 0,445 | 0,571 | 0,595 | 0,640 | 0,697 |
| 8 III         | 0,492 | 0,408 | 0,624 | 0,456 | 0,550 | 0,470 | 0,472 | 0,539 | 0,531 | 0,517 | 0,544 | 0,561 | 0,628 | 0,628 |
| 8 IV          | 0,529 | 0,419 | 0,727 | 0,484 | 0,560 | 0,472 | 0,585 | 0,568 | 0,717 | 0,522 | 0,617 | 0,672 | 0,624 | 0,619 |
| 8 V           | 0,436 | 0,343 | 0,624 | 0,412 | 0,420 | 0,416 | 0,958 | 0,512 | 0,508 | 0,455 | 0,496 | 0,502 | 0,534 | 0,595 |
| 8 VI          | 0,519 | 0,357 | 0,535 | 0,354 | 0,473 | 0,422 | 0,467 | 0,472 | 0,467 | 0,403 | 0,490 | 0,492 | 0,532 | 0,589 |
| 8 VII         | 0,517 | 0,351 | 0,582 | 0,453 | 0,470 | 0,461 | 0,495 | 0,511 | 0,482 | 0,457 | 0,524 | 0,568 | 0,576 | 0,561 |
| 8 VIII        | 0,452 | 0,338 | 0,564 | 0,435 | 0,413 | 0,448 | 0,486 | 0,499 | 0,503 | 0,429 | 0,529 | 0,512 | 0,561 | 0,538 |
| 9 I           | 0,471 | 0,364 | 0,599 | 0,429 | 0,482 | 0,407 | 0,427 | 0,532 | 0,582 | 0,433 | 0,526 | 0,613 | 0,615 | 0,619 |
| 9 II          | 0,489 | 0,355 | 0,557 | 0,444 | 0,411 | 0,372 | 0,417 | 0,412 | 0,515 | 0,417 | 0,530 | 0,497 | 0,564 | 0,652 |
| 9 III         | 0,534 | 0,336 | 0,571 | 0,495 | 0,478 | 0,459 | 0,467 | 0,489 | 0,138 | 0,457 | 0,566 | 0,566 | 0,610 | 0,634 |
| 9 IV          | 0,519 | 0,385 | 0,570 | 0,418 | 0,479 | 0,406 | 0,491 | 0,525 | 0,487 | 0,495 | 0,482 | 0,492 | 0,511 | 0,597 |
| 9 V           | 0,469 | 0,306 | 0,538 | 0,396 | 0,433 | 0,433 | 0,458 | 0,447 | 0,500 | 0,409 | 0,818 | 0,514 | 0,549 | 0,533 |
| 9 VI          | 0,400 | 0,319 | 0,504 | 0,386 | 0,421 | 0,409 | 0,427 | 0,443 | 0,467 | 0,382 | 0,451 | 0,450 | 0,478 | 0,503 |
| 9 VII         | 0,402 | 0,360 | 0,550 | 0,350 | 0,467 | 0,430 | 0,456 | 0,497 | 0,517 | 0,452 | 0,493 | 0,522 | 0,539 | 0,551 |
| 9 VIII        | 0,373 | 0,312 | 0,481 | 0,308 | 0,356 | 0,320 | 0,375 | 0,414 | 0,419 | 0,364 | 0,412 | 0,449 | 0,476 | 0,537 |

Tabela A2.2 (Continuação)

| Bloquinho/Dia | 27/02 | 14/03 | 26/03 | 09/04 | 02/05 | 20/05 | 04/06 | 17/06 | 28/06 | 14/07 | 31/07 |
|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1 I           | 0,396 | 0,427 | 0,447 | 0,424 | 0,266 | 0,296 | 0,267 | 0,265 | 0,449 | 0,446 | 0,420 |
| 1 II          | 0,387 | 0,405 | 0,419 | 0,452 | 0,203 | 0,353 | 0,306 | 0,259 | 0,440 | 0,457 | 0,402 |
| 1 III         | 0,418 | 0,461 | 0,538 | 0,543 | 0,297 | 0,373 | 0,318 | 0,365 | 0,518 | 0,529 | 0,541 |
| 1 IV          | 0,416 | 0,420 | 0,440 | 0,455 | 0,221 | 0,349 | 0,291 | 0,270 | 0,420 | 0,456 | 0,408 |
| 1 V           | 0,415 | 0,443 | 0,453 | 0,433 | 0,270 | 0,324 | 0,253 | 0,207 | 0,421 | 0,416 | 0,407 |
| 1 VI          | 0,336 | 0,413 | 0,441 | 0,433 | 0,219 | 0,294 | 0,292 | 0,290 | 0,453 | 0,398 | 0,378 |
| 1 VII         | 0,364 | 0,417 | 0,467 | 0,452 | 0,249 | 0,344 | 0,255 | 0,254 | 0,463 | 0,448 | 0,396 |
| 1 VIII        | 0,380 | 0,465 | 0,493 | 0,484 | 0,273 | 0,339 | 0,271 | 0,252 | 0,472 | 0,490 | 0,440 |
| 2 I           | 0,483 | 0,428 | 0,504 | 0,493 | 0,272 | 0,376 | 0,295 | 0,305 | 0,479 | 0,494 | 0,415 |
| 2 II          | 0,414 | 0,483 | 0,527 | 0,527 | 0,292 | 0,361 | 0,294 | 0,303 | 0,478 | 0,481 | 0,459 |
| 2 III         | 0,432 | 0,433 | 0,611 | 0,475 | 0,251 | 0,342 | 0,257 | 0,261 | 0,453 | 0,463 | 0,226 |
| 2 IV          | 0,556 | 0,598 | 0,585 | 0,582 | 0,307 | 0,375 | 0,305 | 0,330 | 0,567 | 0,511 | 0,405 |
| 2 V           | 0,473 | 0,407 | 0,475 | 0,496 | 0,249 | 0,349 | 0,277 | 0,277 | 0,487 | 0,478 | 0,552 |
| 2 VI          | 0,398 | 0,461 | 0,446 | 0,437 | 0,236 | 0,388 | 0,242 | 0,258 | 0,433 | 0,468 | 0,480 |
| 2 VII         | 0,458 | 0,440 | 0,479 | 0,479 | 0,249 | 0,355 | 0,317 | 0,283 | 0,483 | 0,457 | 0,391 |
| 2 VIII        | 0,407 | 0,432 | 0,439 | 0,441 | 0,232 | 0,316 | 0,216 | 0,224 | 0,415 | 0,426 | 0,480 |
| 3 I           | 0,373 | 0,405 | 0,427 | 0,426 | 0,223 | 0,323 | 0,242 | 0,217 | 0,435 | 0,450 | 0,395 |
| 3 II          | 0,434 | 0,441 | 0,464 | 0,476 | 0,237 | 0,360 | 0,290 | 0,295 | 0,438 | 0,460 | 0,479 |
| 3 III         | 0,581 | 0,506 | 0,523 | 0,530 | 0,315 | 0,465 | 0,332 | 0,367 | 0,547 | 0,526 | 0,503 |
| 3 IV          | 0,502 | 0,497 | 0,488 | 0,486 | 0,322 | 0,396 | 0,303 | 0,267 | 0,470 | 0,464 | 0,449 |
| 3 V           | 0,467 | 0,500 | 0,502 | 0,499 | 0,305 | 0,367 | 0,306 | 0,318 | 0,501 | 0,475 | 0,469 |
| 3 VI          | 0,333 | 0,471 | 0,505 | 0,498 | 0,226 | 0,386 | 0,302 | 0,262 | 0,428 | 0,480 | 0,513 |
| 3 VII         | 0,408 | 0,426 | 0,482 | 0,483 | 0,266 | 0,365 | 0,286 | 0,278 | 0,454 | 0,499 | 0,448 |
| 3 VIII        | 0,473 | 0,431 | 0,483 | 0,499 | 0,321 | 0,397 | 0,340 | 0,273 | 0,477 | 0,531 | 0,464 |
| 4 I           | 0,392 | 0,432 | 0,444 | 0,434 | 0,238 | 0,352 | 0,285 | 0,241 | 0,412 | 0,445 | 0,403 |
| 4 II          | 0,329 | 0,398 | 0,447 | 0,268 | 0,265 | 0,402 | 0,325 | 0,291 | 0,430 |       | 0,413 |
| 4 III         | 0,471 | 0,490 | 0,531 | 0,517 | 0,311 | 0,419 | 0,389 | 0,304 | 0,514 | 0,487 | 0,497 |
| 4 IV          | 0,384 | 0,497 | 0,503 | 0,506 | 0,320 | 0,392 | 0,350 | 0,297 | 0,504 | 0,470 | 0,448 |
| 4 V           | 0,490 | 0,570 | 0,591 | 0,586 | 0,289 | 0,454 | 0,369 | 0,340 | 0,561 | 0,549 | 0,549 |
| 4 VI          | 0,313 | 0,439 | 0,448 | 0,445 | 0,221 | 0,340 | 0,336 | 0,277 | 0,439 | 0,413 | 0,406 |
| 4 VII         | 0,384 | 0,410 | 0,449 | 0,441 | 0,246 | 0,336 | 0,268 | 0,263 | 0,416 | 0,399 | 0,391 |
| 4 VIII        | 0,384 | 0,410 | 0,453 | 0,440 | 0,276 | 0,368 | 0,283 | 0,281 | 0,456 | 0,457 | 0,427 |
| 5 I           | 0,394 | 0,432 | 0,436 | 0,473 | 0,365 | 0,282 | 0,324 | 0,269 | 0,478 | 0,472 | 0,413 |
| 5 II          | 0,426 | 0,451 | 0,531 | 0,521 | 0,365 | 0,390 | 0,304 | 0,357 | 0,450 | 0,477 | 0,494 |
| 5 III         | 0,428 | 0,380 | 0,468 | 0,513 | 0,269 | 0,338 | 0,332 | 0,388 | 0,531 | 0,454 | 0,520 |
| 5 IV          | 0,534 | 0,622 | 0,542 | 0,537 | 0,291 | 0,450 | 0,446 | 0,345 | 0,537 | 0,514 | 0,516 |
| 5 V           | 0,430 | 0,458 | 0,437 | 0,452 | 0,220 | 0,319 | 0,277 | 0,261 | 0,467 | 0,451 | 0,397 |
| 5 VI          | 0,418 | 0,416 | 0,550 | 0,544 | 0,283 | 0,396 | 0,279 | 0,304 | 0,546 | 0,534 | 0,475 |
| 5 VII         | 0,426 | 0,465 | 0,496 | 0,466 | 0,234 | 0,384 | 0,312 | 0,294 | 0,482 | 0,506 | 0,490 |
| 5 VIII        | 0,376 | 0,331 | 0,409 | 0,406 | 0,210 | 0,345 | 0,249 | 0,249 | 0,409 | 0,386 | 0,392 |
| 6 I           | 0,478 | 0,514 | 0,603 | 0,597 | 0,299 | 0,591 | 0,381 | 0,347 | 0,548 | 0,608 | 0,618 |
| 6 II          | 0,440 | 0,519 | 0,570 | 0,577 | 0,300 | 0,413 | 0,378 | 0,300 | 0,524 | 0,526 | 0,493 |
| 6 III         | 0,435 | 0,470 | 0,512 | 0,509 | 0,320 | 0,440 | 0,306 | 0,317 | 0,559 | 0,541 | 0,467 |
| 6 IV          | 0,450 | 0,512 | 0,472 | 0,436 | 0,244 | 0,509 | 0,350 | 0,326 | 0,484 | 0,475 | 0,495 |
| 6 V           | 0,420 | 0,482 | 0,572 | 0,526 | 0,315 | 0,447 | 0,319 | 0,367 | 0,490 | 0,505 | 0,496 |
| 6 VI          | 0,388 | 0,438 | 0,478 | 0,462 | 0,228 | 0,360 | 0,268 | 0,265 | 0,461 | 0,443 | 0,443 |
| 6 VII         | 0,375 | 0,368 | 0,434 | 0,403 | 0,240 | 0,323 | 0,217 | 0,245 | 0,420 | 0,417 | 0,383 |
| 6 VIII        | 0,371 | 0,409 | 0,462 | 0,535 | 0,284 | 0,308 | 0,241 | 0,254 | 0,430 | 0,429 | 0,409 |
| 7 I           | 0,366 | 0,479 | 0,570 | 0,561 | 0,342 | 0,388 | 0,346 | 0,345 | 0,601 | 0,434 | 0,492 |
| 7 II          | 0,414 | 0,443 | 0,582 | 0,572 | 0,351 | 0,371 | 0,343 | 0,368 | 0,505 | 0,483 | 0,464 |
| 7 III         | 0,409 | 0,497 | 0,556 | 0,527 | 0,309 | 0,373 | 0,369 | 0,370 | 0,570 | 0,543 | 0,508 |
| 7 IV          | 0,471 | 0,504 | 0,529 | 0,522 | 0,373 | 0,369 | 0,390 | 0,323 | 0,547 | 0,565 | 0,507 |
| 7 V           | 0,414 | 0,444 | 0,481 | 0,454 | 0,543 | 0,272 | 0,332 | 0,279 | 0,501 | 0,475 | 0,466 |
| 7 VI          | 0,391 | 0,445 | 0,475 | 0,469 | 0,300 | 0,318 | 0,324 | 0,328 | 0,525 | 0,501 | 0,503 |
| 7 VII         | 0,333 | 0,405 | 0,482 | 0,474 | 0,237 | 0,342 | 0,254 | 0,292 | 0,427 | 0,410 | 0,458 |
| 7 VIII        | 0,333 | 0,427 | 0,433 | 0,418 | 0,225 | 0,330 | 0,260 | 0,214 | 0,440 | 0,397 | 0,417 |
| 8 I           | 0,486 | 0,501 | 0,487 | 0,453 | 0,296 | 0,377 | 0,345 | 0,301 | 0,534 | 0,485 | 0,445 |
| 8 II          | 0,408 | 0,526 | 0,518 | 0,526 | 0,286 | 0,429 | 0,341 | 0,339 | 0,534 | 0,491 | 0,473 |
| 8 III         | 0,471 | 0,526 | 0,539 | 0,510 | 0,356 | 0,293 | 0,311 | 0,371 | 0,518 | 0,505 | 0,478 |
| 8 IV          | 0,598 | 0,496 | 0,563 | 0,545 | 0,309 | 0,373 | 0,367 | 0,306 | 0,536 | 0,528 | 0,521 |
| 8 V           | 0,373 | 0,460 | 0,474 | 0,474 | 0,242 | 0,322 | 0,325 | 0,268 | 0,485 | 0,447 | 0,447 |
| 8 VI          | 0,328 | 0,438 | 0,455 | 0,502 | 0,338 | 0,357 | 0,314 | 0,281 | 0,464 | 0,425 | 0,422 |
| 8 VII         | 0,481 | 0,450 | 0,514 | 0,487 | 0,222 | 0,438 | 0,326 | 0,305 | 0,500 | 0,489 | 0,431 |
| 8 VIII        | 0,355 | 0,441 | 0,470 | 0,448 | 0,219 | 0,395 | 0,273 | 0,293 | 0,463 | 0,443 | 0,414 |
| 9 I           | 0,500 | 0,457 | 0,507 | 0,488 | 0,284 | 0,462 | 0,335 | 0,375 | 0,503 | 0,497 | 0,525 |
| 9 II          | 0,458 | 0,398 | 0,466 | 0,466 | 0,309 | 0,372 | 0,303 | 0,272 | 0,523 | 0,424 | 0,435 |
| 9 III         | 0,508 | 0,481 | 0,567 | 0,557 | 0,282 | 0,631 | 0,293 | 0,298 | 0,498 | 0,502 | 0,480 |
| 9 IV          | 0,405 | 0,445 | 0,516 | 0,506 | 0,290 | 0,350 | 0,361 | 0,559 | 0,479 | 0,469 | 0,434 |
| 9 V           | 0,420 | 0,373 | 0,468 | 0,453 | 0,239 | 0,403 | 0,258 | 0,320 | 0,442 | 0,502 | 0,462 |
| 9 VI          | 0,420 | 0,418 | 0,413 | 0,421 | 0,276 | 0,275 | 0,294 | 0,287 | 0,408 | 0,418 | 0,420 |
| 9 VII         | 0,409 | 0,436 | 0,489 | 0,471 | 0,314 | 0,403 | 0,304 | 0,289 | 0,485 | 0,421 | 0,473 |
| 9 VIII        | 0,345 | 0,407 | 0,372 | 0,416 | 0,288 | 0,139 | 0,250 | 0,256 | 0,416 | 0,475 | 0,423 |



Tabela A2.3 Dados da tensão da água no solo (cmH<sub>2</sub>O)

| Boloquinho/Dia | 02/08 | 31/08 | 14/09 | 28/09 | 13/10 | 26/10 | 10/11 | 23/11 | 07/12   |
|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|
| 1 I            | 73,3  | 312,0 | 8,2   | 100,9 | 53,5  | 102   | 40,7  | 32,9  | 30,7    |
| 1 II           | 63,3  | 564,3 | 10,5  | 70,4  | 85,7  | 79    | 36,2  | 40,5  | 23,4    |
| 1 III          | 8,5   | 146,3 | 0,0   | 30,7  | 17,9  | 52,6  | 4,5   | 4,7   | 11,9    |
| 1 IV           | 46,4  | 214,9 | 8,2   | 95,5  | 38,4  | 39,7  | 46,6  |       | 22,2    |
| 1 V            | 31,5  | 269,1 | 9,8   | 129,9 | 56,3  | 162,5 | 35,4  | 35,6  | 31,9    |
| 1 VI           | 34,2  | 143,1 | 4,8   | 77,3  | 30,1  | 60,6  | 19,5  | 28,0  | 19,4    |
| 1 VII          | 11,4  | 108,4 | 3,9   | 27,9  | 14,6  | 38,9  | 14,2  | 12,3  | 9,4     |
| 1 VIII         | 10,6  | 62,9  | 0,0   | 30,3  | 11,8  | 12,5  | 13,4  | 16,6  | 12,4    |
| 2 I            | 18,8  | 81,0  | 0,0   | 24,0  | 27,7  | 43,4  | 0,0   | 0,0   | 1,3     |
| 2 II           | 9,2   | 62,9  | 0,0   | 23,3  | 14,3  | 29,6  | 2,4   | 8,6   | 0,0     |
| 2 III          | 109,3 | 323,6 | 3,2   | 144,1 | 23,3  | 95,6  | 47,2  | 32,3  | 26,5    |
| 2 IV           | 0,0   | 29,6  | 0,0   | 10,0  | 0,0   | 8,2   | 0,0   | 0,0   | 0,0     |
| 2 V            | 6,3   | 32,4  | 0,0   | 10,3  | 9,3   | 9,0   | 3,0   | 4,4   | 1,7     |
| 2 VI           | 11,6  | 44,4  | 0,0   | 23,2  | 12,2  | 19,8  | 8,8   | 3,9   | 2,3     |
| 2 VII          | 14,7  | 42,7  | 0,0   | 8,9   | 8,1   | 15,7  | 0,0   | 0,0   | 0,0     |
| 2 VIII         | 23,9  | 79,8  | 0,5   | 72,5  | 11,0  | 41,9  | 11,1  | 8,7   | 7,6     |
| 3 I            | 55,6  | 94,4  | 5,1   | 94,0  | 51,9  | 78,3  | 36,4  | 18,7  | 18,7    |
| 3 II           | 32    | 130,6 | 2,0   | 0,0   | 50,5  | 48,8  | 27,3  | 28,5  | 11,8    |
| 3 III          | 35,5  | 133,8 | 0,0   | 6,4   | 70,0  | 13,2  | 683,0 | 520,2 | 19,6    |
| 3 IV           | 62,4  | 501,5 | 6,3   | 85,2  | 76,7  | 108,6 | 32,1  | 62,3  | 69,6    |
| 3 V            | 30,3  | 64,5  | 0,0   | 52,9  | 51,1  | 40,5  | 15,9  | 22,5  | 2,0     |
| 3 VI           | 14,9  | 33,5  | 0,0   | 9,1   | 14,5  | 21,3  | 11,0  | 7,0   | 5,4     |
| 3 VII          | 9,6   | 56,0  | 0,0   | 20,1  | 16,3  | 24,2  | 13,1  | 0,0   | 6,5     |
| 3 VIII         | 4,9   | 19,9  | 0,0   | 19,3  | 8,5   | 4,6   | 0,0   | 3,5   | 0,0     |
| 4 I            | 23,7  | 62,2  | 1,5   | 56,2  | 33,0  | 35,5  | 15,7  | 20,0  | 13,2    |
| 4 II           | 15,0  | 63,6  | 2,2   | 45,4  | 22,5  | 22,1  | 14,6  | 11,2  | 10,8    |
| 4 III          | 30,7  | 130,6 | 0,0   | 34,2  | 11,7  | 24,2  | 12,0  | 11,9  | 0,0     |
| 4 IV           | 131,2 | 256,3 | 0,0   | 139,0 | 122,1 | 42,5  | 77,8  | 43,0  | 44,1    |
| 4 V            | 0,0   | 155,5 | 0,0   | 7,8   | 8,4   | 1,6   | 0,0   | 0,0   | 0,0     |
| 4 VI           | 3,7   | 13,5  | 1,2   | 8,4   | 7,2   | 7,2   | 5,4   | 5,1   | 4,1     |
| 4 VII          | 8,2   | 36,7  | 1,2   | 16,4  | 7,4   | 7,4   | 6,8   | 5,3   | 4,6     |
| 4 VIII         | 15,7  | 47,7  | 0,0   | 13,9  | 8,4   | 12,4  | 8,5   | 5,2   | 5,7     |
| 5 I            | 7,2   | 52,2  | 0,7   | 23,7  | 8,9   | 25,4  | 6,4   | 10,5  | 0,0     |
| 5 II           | 12,3  | 44,2  | 0,0   | 12,5  | 9,1   | 20,2  | 8,1   | 8,5   | 8,2     |
| 5 III          | 65,1  | 179,7 | 10,7  | 117,1 | 69,6  | 57,7  | 29,1  | 37,8  | 21,3    |
| 5 IV           | 5,6   | 27,3  | 0,0   | 11,2  | 10,4  | 13,3  | 4,6   | 3,8   | 1,1     |
| 5 V            | 39,4  | 223,4 | 9,5   | 142,4 | 56,6  | 80,8  | 37,1  | 40,1  | 20,7    |
| 5 VI           | 4,5   | 24,0  | 0,0   | 16,4  | 1,8   | 10,0  | 0,0   | 6,7   | 0,0     |
| 5 VII          | 4,7   | 33,2  | 0,0   | 15,7  | 9,7   | 15,4  | 3,7   | 0,9   | 4,0     |
| 5 VIII         | 6,3   | 15,6  | 3,4   | 8,3   | 6,4   | 11,5  | 7,1   | 5,9   | 4,4     |
| 6 I            | 10,7  | 179,0 | 0,0   | 63,3  | 0,0   | 4,3   | 23,4  | 0,0   | 0,0     |
| 6 II           | 20,2  | 90,7  | 0,0   | 40,9  | 17,5  | 46,2  | 7,7   | 9,9   | 14,6    |
| 6 III          | 7,9   | 13,6  | 0,6   | 13,0  | 9,7   | 16,2  | 6,2   | 6,9   | 7,3     |
| 6 IV           | 36,7  | 135,4 | 0,7   | 46,4  | 35,2  | 30,1  | 36,6  | 16,5  | 30,4    |
| 6 V            | 9,5   | 116,2 | 0,0   | 15,0  | 0,7   | 11,1  | 7,4   | 5,6   | 1,5     |
| 6 VI           | 15,1  | 55,5  | 0,0   | 20,0  | 19,7  | 18,0  | 17,2  | 11,5  | 5,4     |
| 6 VII          | 8,8   | 22,6  | 4,7   | 12    | 8,9   | 11,2  | 5,6   | 6,8   | 6,4     |
| 6 VIII         | 2,9   | 8,6   | 0,0   | 4,2   | 4,5   | 32,2  | 3,0   | 2,3   | 1,9     |
| 7 I            | 16,2  | 131,6 | 0,0   | 56,8  | 10,9  | 67,3  | 19,1  | 7,5   | 8,7     |
| 7 II           | 19,1  | 124,0 | 0,0   | 59,7  | 14    | 76,2  | 0,0   | 185,2 | 15      |
| 7 III          | 33,4  | 86,9  | 0,0   | 64,3  | 28,4  | 40,8  | 22,6  | 25,7  | 15000,0 |
| 7 IV           | 13,5  | 49,2  | 0,0   | 42,6  | 10,4  | 27,6  | 9,7   | 0,0   | 1,1     |
| 7 V            | 12,6  | 47,3  | 0,8   | 25,8  | 14,6  | 27,2  | 12,5  | 8,4   | 7,2     |
| 7 VI           | 12,7  | 42,9  | 0,0   | 47,9  | 224,3 | 12,1  | 8,3   | 3,2   | 1,4     |
| 7 VII          | 4,8   | 17,8  | 0,0   | 18,7  | 6,0   | 6,8   | 4,1   | 0,0   | 3,0     |
| 7 VIII         | 10,5  | 25,2  | 0,0   | 7,5   | 11,0  | 9,2   | 2,0   | 3,9   | 5,4     |
| 8 I            | 5,1   | 87,0  | 1,3   | 47,5  | 18,0  | 24,2  | 18,9  | 26,2  | 7,5     |
| 8 II           | 1,6   | 67,5  | 0,0   | 28,6  | 3,2   | 15,4  | 12,5  | 4,6   | 1,1     |
| 8 III          | 16,5  | 48,5  | 0,0   | 27,1  | 4,6   | 22,6  | 21,9  | 6,5   | 7,9     |
| 8 IV           | 1,7   | 6,5   | 0,0   | 3,4   | 0,8   | 3,9   | 0,1   | 0,6   | 0,0     |
| 8 V            | 21,3  | 57,5  | 0,0   | 27,3  | 25,2  | 26,2  | 0,0   | 8,5   | 8,9     |
| 8 VI           | 4,6   | 32,4  | 3,3   | 33,4  | 9,0   | 16,1  | 9,7   | 9,2   | 9,7     |
| 8 VII          | 0,0   | 15,0  | 0,0   | 1,6   | 0,3   | 1,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0     |
| 8 VIII         | 2,6   | 9,0   | 0,0   | 3,3   | 4,3   | 2,7   | 1,3   | 0,8   | 0,7     |
| 9 I            | 12,3  | 60,7  | 0,0   | 25,1  | 9,8   | 33,7  | 25,7  | 0,5   | 0,0     |
| 9 II           | 25,1  | 129,4 | 8,1   | 43,0  | 63,2  | 102,7 | 58,9  | 62,2  | 17,4    |
| 9 III          | 6,8   | 131,8 | 0,0   | 16,8  | 22,1  | 28,9  | 26,1  | 18,5  | 0,0     |
| 9 IV           | 4,3   | 26,9  | 0,3   | 18,7  | 8,6   | 21,2  | 7,3   | 3,8   | 7,7     |
| 9 V            | 9,6   | 55,7  | 3,2   | 20,9  | 14,3  | 14,3  | 10,9  | 12,3  | 6,4     |
| 9 VI           | 27,3  | 67,8  | 8,5   | 31,8  | 22,1  | 25,0  | 20,7  | 17,5  | 13,4    |
| 9 VII          | 14,1  | 24,6  | 0,0   | 28,0  | 4,7   | 9,4   | 6,0   | 1,7   | 0,0     |
| 9 VIII         | 6,2   | 10,4  | 1,6   | 10,8  | 7,2   | 9,8   | 6,1   | 4,1   | 3,9     |

Tabela A2.3 (Continuação)

| Bloquinho/Dia | 21/12 | 04/01   | 18/01 | 01/02 | 15/02 | 27/02 | 14/03 | 26/03 | 09/04 |
|---------------|-------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1 I           | 136   | 23,6    | 15,5  | 15,8  | 2,8   | 53,4  | 37,7  | 30,2  | 39,3  |
| 1 II          | 87    | 31,0    | 14,1  | 15,9  | 1,3   | 57,8  | 46,5  | 39,9  | 26,7  |
| 1 III         | 46    | 0,0     | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 44,7  | 23,6  | 0,0   | 0,0   |
| 1 IV          | 55    | 28,8    | 0,0   | 8,5   | 13,8  | 43,5  | 41,8  | 33,3  | 27,9  |
| 1 V           | 91    | 24,7    | 223,5 | 14,1  | 3,4   | 32,2  | 23,5  | 20,9  | 26,4  |
| 1 VI          | 49    | 22,3    | 7,9   | 9,9   | 4,5   | 52,7  | 22,3  | 16,2  | 17,7  |
| 1 VII         | 21    | 14,7    | 0,0   | 7,4   | 1,4   | 33,5  | 18,8  | 10,0  | 12,2  |
| 1 VIII        | 28    | 8,7     | 0,3   | 0,0   | 0,0   | 27,3  | 8,6   | 4,6   | 5,8   |
| 2 I           | 20    | 6,2     | 0,2   | 0,0   | 0,0   | 11,8  | 29,6  | 6,7   | 9,4   |
| 2 II          | 4     | 0,0     | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 36,1  | 11,4  | 1,3   | 1,2   |
| 2 III         | 48    | 35,6    | 24,5  | 15,8  | 0,0   | 60,7  | 59,5  | 0,0   | 36,0  |
| 2 IV          | 0     | 0,0     | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   |
| 2 V           | 6     | 1,1     | 2,3   | 0,0   | 0,0   | 4,2   | 10,6  | 4,0   | 2,5   |
| 2 VI          | 16    | 6,0     | 1,7   | 3,0   | 0,0   | 19,0  | 8,1   | 10,3  | 11,7  |
| 2 VII         | 13    | 0,0     | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 7,0   | 10,1  | 3,9   | 3,9   |
| 2 VIII        | 25    | 16,2    | 0,3   | 4,5   | 0,0   | 25,6  | 18,6  | 16,9  | 16,4  |
| 3 I           | 102   | 80,3    | 12,8  | 13,0  | 5,0   | 64,3  | 45,0  | 34,9  | 35,5  |
| 3 II          | 35    | 12,7    | 0,2   | 8,7   | 0,0   | 30    | 27    | 21,0  | 18,0  |
| 3 III         | 115   | 10,8    | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 18,9  | 12,3  | 10,1  |
| 3 IV          | 101   | 35,8    | 7,8   | 12,4  | 0,0   | 44,2  | 47,3  | 53,6  | 54,9  |
| 3 V           | 27    | 101,9   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 20,6  | 11,0  | 10,5  | 11,4  |
| 3 VI          | 37    | 3,3     | 1,1   | 0,0   | 0,0   | 47,1  | 7,3   | 3,0   | 3,9   |
| 3 VII         | 32    | 18,0    | 2,1   | 4,6   | 0,0   | 24,2  | 19,1  | 7,5   | 7,4   |
| 3 VIII        | 5     | 0,0     | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 2,4   | 9,1   | 1,2   | 0,0   |
| 4 I           | 18    | 25,0    | 13,7  | 8,3   | 1,2   | 32,2  | 20,9  | 18,3  | 20,6  |
| 4 II          | 21    | 10,2    | 10,0  | 5,8   | 0,0   | 50,2  | 20,4  | 11,6  | 220,6 |
| 4 III         | 18    | 3,9     | 3,0   | 0,1   | 0,0   | 29,4  | 22,4  | 10,2  | 14,0  |
| 4 IV          | 65    | 15000,0 | 7,9   | 22,2  | 1,3   | 253,4 | 53,7  | 49,9  | 47,6  |
| 4 V           | 0     | 0,0     | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 11,1  | 0,0   | 0,0   | 0,0   |
| 4 VI          | 8     | 5,2     | 2,3   | 1,3   | 1,8   | 12,4  | 4,4   | 4,1   | 4,2   |
| 4 VII         | 9     | 6,1     | 4,0   | 2,0   | 0,0   | 11,6  | 8,8   | 5,7   | 6,2   |
| 4 VIII        | 16    | 2,3     | 2,0   | 0,0   | 0,0   | 16,4  | 11,8  | 6,3   | 7,7   |
| 5 I           | 13    | 3,7     | 0,2   | 0,5   | 0,5   | 15,5  | 9,4   | 9,0   | 5,0   |
| 5 II          | 27    | 8,4     | 0,5   | 0,0   | 2,1   | 26,5  | 19,9  | 6,2   | 7,4   |
| 5 III         | 73    | 24,0    | 16,1  | 0,0   | 0,0   | 101,9 | 147,8 | 72,3  | 44,9  |
| 5 IV          | 11    | 1,5     | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 5,0   | 0,0   | 4,2   | 4,7   |
| 5 V           | 46    | 30,6    | 26,0  | 19,8  | 17,3  | 55,1  | 40,1  | 51,0  | 42,9  |
| 5 VI          | 8     | 0,0     | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 9,0   | 9,2   | 0,0   | 0,0   |
| 5 VII         | 33    | 2,2     | 0,2   | 0,0   | 0,0   | 13,8  | 7,0   | 3,1   | 6,8   |
| 5 VIII        | 18    | 5,7     | 4,7   | 3,3   | 3,7   | 8,2   | 11,7  | 6,3   | 6,5   |
| 6 I           | 0     | 0,0     | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 59,6  | 26,8  | 0,0   | 0,0   |
| 6 II          | 32    | 17,7    | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 55,9  | 25,9  | 11,0  | 9,1   |
| 6 III         | 4     | 3,1     | 3,4   | 1,1   | 0,0   | 12,4  | 9,1   | 6,0   | 6,2   |
| 6 IV          | 34    | 21,8    | 5,8   | 3,8   | 5,2   | 35,2  | 15,8  | 27,0  | 41,8  |
| 6 V           | 10    | 2,2     | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 17,7  | 5,9   | 0,0   | 0,6   |
| 6 VI          | 17    | 7,0     | 3,5   | 0,8   | 2,4   | 25,0  | 13,7  | 7,9   | 10,0  |
| 6 VII         | 10    | 6,0     | 5,0   | 3,6   | 3,3   | 8,6   | 9,1   | 5,4   | 6,9   |
| 6 VIII        | 3     | 0,4     | 0,5   | 0,0   | 0,0   | 5,7   | 3,8   | 1,8   | 0,0   |
| 7 I           | 8     | 11,3    | 7,6   | 2,1   | 3,6   | 117,8 | 26,7  | 2,6   | 4,3   |
| 7 II          | 18    | 0,0     | 9,1   | 0,0   | 5,2   | 67,4  | 45,9  | 4,2   | 5,7   |
| 7 III         | 61    | 7,3     | 7,8   | 0,0   | 2,4   | 55,0  | 18,9  | 6,3   | 11,8  |
| 7 IV          | 24    | 3,3     | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 14,6  | 7,7   | 3,5   | 4,6   |
| 7 V           | 37    | 5,6     | 2,6   | 1,9   | 0,0   | 21,1  | 15,0  | 9,2   | 13,2  |
| 7 VI          | 17    | 11,9    | 3,8   | 2,1   | 0,0   | 26,8  | 14,2  | 9,6   | 10,4  |
| 7 VII         | 3     | 5,3     | 1,0   | 0,0   | 0,0   | 16,6  | 7,0   | 1,7   | 2,2   |
| 7 VIII        | 9     | 8,3     | 3,9   | 2,3   | 0,2   | 16,3  | 5,1   | 4,6   | 5,8   |
| 8 I           | 43    | 5,4     | 5,2   | 5,1   | 1,4   | 14,1  | 11,4  | 14,0  | 21,6  |
| 8 II          | 27    | 0,0     | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 43    | 6,1   | 7,7   | 6,2   |
| 8 III         | 11    | 5,6     | 2,8   | 0,0   | 0,0   | 22,2  | 9,0   | 6,5   | 12,3  |
| 8 IV          | 2     | 0,0     | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 2,9   | 0,7   | 1,2   |
| 8 V           | 17    | 10,6    | 9,8   | 5,9   | 0,3   | 41,2  | 16,3  | 13,9  | 13,8  |
| 8 VI          | 20    | 7,2     | 7,0   | 3,6   | 0,0   | 45,1  | 13,6  | 11,2  | 6,1   |
| 8 VII         | 1     | 0,0     | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 1,9   | 0,0   | 0,0   |
| 8 VIII        | 4     | 0,0     | 0,4   | 0,0   | 0,0   | 7,7   | 3,0   | 1,8   | 2,7   |
| 9 I           | 24    | 1,5     | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 6,1   | 15,9  | 4,6   | 8,5   |
| 9 II          | 59    | 13,7    | 22,5  | 6,8   | 0,0   | 36,7  | 73,2  | 33,3  | 33,0  |
| 9 III         | 30    | 0,2     | 0,4   | 0,0   | 0,0   | 13,1  | 21,0  | 0,1   | 1,9   |
| 9 IV          | 7     | 8,3     | 7,1   | 5,2   | 0,0   | 21,6  | 13,5  | 4,6   | 5,6   |
| 9 V           | 18    | 0,0     | 5,1   | 2,4   | 3,6   | 16,5  | 26,6  | 9,8   | 11,6  |
| 9 VI          | 33    | 16,0    | 16,3  | 11,8  | 8,6   | 22,2  | 22,7  | 23,8  | 22,0  |
| 9 VII         | 6     | 2,1     | 0,0   | 0,0   | 0,0   | 12,9  | 8,6   | 2,4   | 4,2   |
| 9 VIII        | 7     | 4,2     | 2,7   | 1,7   | 0,0   | 7,9   | 4,4   | 6,2   | 4,0   |

Tabela A2.3 (Continuação)

| Bloquinho/Dia | 02/05   | 20/05 | 04/06   | 17/06   | 28/06 | 14/07 | 31/07   |
|---------------|---------|-------|---------|---------|-------|-------|---------|
| 1 I           | 369,5   | 195,3 | 361     | 379,7   | 29,6  | 30,5  | 41,0    |
| 1 II          | 15000,0 | 87,4  | 175     | 612,1   | 31,0  | 25,1  | 48,3    |
| 1 III         | 216,5   | 79,3  | 160     | 88,0    | 4,4   | 1,4   | 0,0     |
| 1 IV          | 15000,0 | 93,2  | 219     | 343,8   | 41,5  | 27,7  | 47,8    |
| 1 V           | 413,1   | 106,0 | 1614    | 15000,0 | 30,1  | 31,8  | 35,6    |
| 1 VI          | 2887,8  | 94,8  | 97      | 101,7   | 14,2  | 26,1  | 32,4    |
| 1 VII         | 165,5   | 42,2  | 145     | 149,1   | 10,6  | 12,8  | 23,6    |
| 1 VIII        | 107,0   | 44,5  | 111     | 156,1   | 7,6   | 5,1   | 12,8    |
| 2 I           | 200,1   | 55,8  | 144     | 126,9   | 13,1  | 9,1   | 35,4    |
| 2 II          | 182,9   | 70,9  | 179     | 154,8   | 12,8  | 11,9  | 18,5    |
| 2 III         | 15000,0 | 198,8 | 15000,0 | 15000,0 | 46,7  | 41,5  | 15000,0 |
| 2 IV          | 157,9   | 62,4  | 163     | 113,8   | 0,0   | 0,0   | 40,3    |
| 2 V           | 67,7    | 20,1  | 46      | 45,6    | 3,1   | 3,7   | 0,0     |
| 2 VI          | 224,1   | 21,5  | 189     | 129,2   | 12,2  | 7,3   | 5,9     |
| 2 VII         | 123,9   | 32,3  | 51      | 76,5    | 3,4   | 7,2   | 21,0    |
| 2 VIII        | 680,3   | 80,8  | 15000,0 | 1305,9  | 23,2  | 20,3  | 8,9     |
| 3 I           | 15000,0 | 123,7 | 1633    | 15000,0 | 31,7  | 26,9  | 50,3    |
| 3 II          | 15000,0 | 72,1  | 236     | 208,3   | 29    | 22,0  | 17,2    |
| 3 III         | 345,1   | 39,2  | 251     | 146,9   | 4,3   | 11,5  | 20,4    |
| 3 IV          | 514,8   | 164,2 | 862     | 15000,0 | 67,2  | 71,8  | 86,1    |
| 3 V           | 171,4   | 75,6  | 169     | 142,7   | 10,7  | 18,2  | 20,1    |
| 3 VI          | 383,3   | 24,8  | 71      | 139,7   | 14,6  | 6,0   | 2,2     |
| 3 VII         | 141,3   | 40,0  | 105     | 117,1   | 12,8  | 4,9   | 14,0    |
| 3 VIII        | 44,4    | 16,3  | 35      | 86,0    | 2,0   | 0,0   | 3,8     |
| 4 I           | 288,3   | 49,3  | 113     | 264,3   | 25,9  | 18,2  | 28,7    |
| 4 II          | 259,9   | 19,5  | 54      | 104,5   | 14,2  |       | 17,2    |
| 4 III         | 272,6   | 57,0  | 83      | 317,2   | 14,9  | 23,2  | 20,1    |
| 4 IV          | 2562,0  | 221,1 | 535     | 15000,0 | 48,9  | 75,8  | 100,0   |
| 4 V           | 311,6   | 22,7  | 76      | 116,9   | 0,0   | 0,0   | 0,0     |
| 4 VI          | 30,5    | 10,0  | 10      | 17,1    | 4,4   | 5,5   | 5,8     |
| 4 VII         | 84,8    | 19,9  | 52      | 56,6    | 8,2   | 9,9   | 10,8    |
| 4 VIII        | 74,3    | 20,2  | 65      | 68,5    | 6,0   | 5,9   | 9,4     |
| 5 I           | 22,2    | 76,1  | 38      | 100,1   | 4,6   | 5,1   | 12,2    |
| 5 II          | 52,7    | 39,4  | 124     | 58,0    | 20,0  | 14,4  | 11,4    |
| 5 III         | 331,6   | 200,3 | 208     | 139,3   | 35,5  | 82,1  | 41,3    |
| 5 IV          | 57,3    | 15,4  | 16      | 37,7    | 4,7   | 7,1   | 6,9     |
| 5 V           | 15000,0 | 324,6 | 15000,0 | 15000,0 | 35,9  | 43    | 82,0    |
| 5 VI          | 72,1    | 12,9  | 78      | 49,3    | 0,0   | 0,0   | 2,0     |
| 5 VII         | 15000,0 | 24,8  | 73      | 102,1   | 4,8   | 2,0   | 3,7     |
| 5 VIII        | 39,0    | 10,5  | 24      | 24,6    | 6,3   | 7,6   | 7,3     |
| 6 I           | 366,7   | 0,0   | 184     | 247,3   | 0,3   | 0,0   | 0,0     |
| 6 II          | 149,6   | 68,6  | 88      | 149,1   | 24,2  | 23,8  | 34,7    |
| 6 III         | 31,2    | 11,9  | 35      | 32,0    | 3,2   | 4,2   | 9,4     |
| 6 IV          | 15000,0 | 16,4  | 141     | 235,7   | 23,1  | 25,8  | 20,0    |
| 6 V           | 82,1    | 11,8  | 77      | 37,0    | 4,8   | 3,0   | 4,0     |
| 6 VI          | 1104,0  | 34,8  | 150     | 159,5   | 10,1  | 12,8  | 12,7    |
| 6 VII         | 29,3    | 13,1  | 39      | 27,5    | 6,1   | 6,2   | 8,1     |
| 6 VIII        | 12,4    | 10,1  | 18      | 16,1    | 3,0   | 3,0   | 3,9     |
| 7 I           | 171,6   | 87,0  | 160     | 163,8   | 0,0   | 48,4  | 22,0    |
| 7 II          | 188,6   | 128,3 | 227     | 134,8   | 20,5  | 27,6  | 35,1    |
| 7 III         | 229,3   | 84,3  | 88      | 87,3    | 4,0   | 8,6   | 16,0    |
| 7 IV          | 49,4    | 51,5  | 41      | 86,5    | 0,8   | 0,0   | 7,2     |
| 7 V           | 2,5     | 148,0 | 55      | 126,6   | 6,7   | 10,0  | 11,2    |
| 7 VI          | 94,3    | 70,3  | 64      | 60,2    | 4,0   | 6,4   | 6,2     |
| 7 VII         | 62,4    | 15,1  | 46      | 27,2    | 5,2   | 6,6   | 3,0     |
| 7 VIII        | 71,8    | 16,9  | 40      | 92,0    | 4,1   | 7,6   | 5,9     |
| 8 I           | 222,0   | 54,8  | 84      | 194,7   | 6,3   | 14,3  | 23,9    |
| 8 II          | 266,3   | 33,2  | 100     | 104,2   | 4,8   | 13,6  | 18,2    |
| 8 III         | 92,1    | 268,1 | 186     | 76,5    | 10,6  | 13,3  | 20,4    |
| 8 IV          | 16,5    | 9,7   | 10      | 16,9    | 1,5   | 1,8   | 2,0     |
| 8 V           | 394,1   | 75,4  | 72      | 183,5   | 12,1  | 19,0  | 18,8    |
| 8 VI          | 40,2    | 32,1  | 54      | 86,6    | 10,0  | 15,6  | 16,1    |
| 8 VII         | 84,6    | 3,0   | 20      | 26,8    | 0,0   | 0,0   | 3,7     |
| 8 VIII        | 25,3    | 5,2   | 16      | 13,2    | 2,1   | 2,9   | 4,2     |
| 9 I           | 248,1   | 14,6  | 93      | 52,4    | 5,5   | 6,6   | 1,6     |
| 9 II          | 294,6   | 102,2 | 345     | 1324,7  | 15,4  | 54,2  | 47,6    |
| 9 III         | 318,5   | 0,0   | 256     | 232,7   | 16,0  | 14,7  | 21,5    |
| 9 IV          | 94,7    | 40,4  | 36      | 1,0     | 8,7   | 10,0  | 15,4    |
| 9 V           | 165,2   | 19,6  | 111     | 46,7    | 13,0  | 6,2   | 10,4    |
| 9 VI          | 131,1   | 134,8 | 97      | 108,7   | 25,2  | 22,7  | 22,3    |
| 9 VII         | 44,9    | 14,0  | 52      | 65,7    | 2,8   | 10,8  | 4,0     |
| 9 VIII        | 12,7    | 55,7  | 18      | 16,6    | 4,0   | 1,8   | 3,7     |

## ANEXO 3 Dados da precipitação diária na Estação Pinhais, operada pela SIMEPR

Tabela 3.1 Dados da precipitação diária na Estação Pinhais, operada pela SIMEPR

| Ano     | 1999 |      |      |      |      | 2000 |      |      |      |      |      |      |
|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Dia/Mes | Ago. | Set. | Out. | Nov. | Des. | Jan. | Feb. | Mar. | Abr. | Mai. | Jun. | Jul. |
| 1       |      | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,4  | 0,2  | 0,0  | 7,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |
| 2       | 0,0  | 0,0  | 11,2 | 0,0  | 0,0  | 2,4  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 2,2  |
| 3       | 0,0  | 0,0  | 1,2  | 0,0  | 15,2 | 0,2  | 0,0  | 0,0  | 0,6  | 0,0  | 0,0  | 0,4  |
| 4       | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,2  | 0,0  | 0,2  | 0,2  | 0,0  | 0,2  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |
| 5       | 0,0  | 0,0  | 0,4  | 4,6  | 0,0  | 3,4  | 0,4  | 10,0 | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |
| 6       | 0,0  | 0,0  | 0,2  | 0,0  | 9,6  | 0,4  | 0,0  | 12,0 | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |
| 7       | 0,0  | 0,0  | 4,6  | 0,0  | 0,8  | 3,4  | 0,0  | 1,6  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |
| 8       | 0,0  | 22,0 | 2,2  | 0,0  | 3,4  | 0,4  | 0,0  | 0,4  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |
| 9       | 0,0  | 16,0 | 0,0  | 1,6  | 0,2  | 0,0  | 0,0  | 0,4  | 0,0  | 0,2  | 0,0  | 0,0  |
| 10      | 0,0  | 1,4  | 0,4  | 1,4  | 2,8  | 0,4  | 0,0  | 1,6  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 1,0  |
| 11      | 0,0  | 0,2  | 0,4  | 0,8  | 0,2  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 1,0  | 0,0  | 0,2  |
| 12      | 0,0  | 9,6  | 0,0  | 6,8  | 0,2  | 0,0  | 8,6  | 0,0  | 0,0  | 0,6  | 0,0  | 0,4  |
| 13      | 1,8  | 1,2  | 0,0  | 0,0  | 4,4  | 1,8  | 0,0  | 0,2  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |
| 14      | 0,0  | 21,0 | 0,0  | 0,4  | 0,2  | 4,6  | 10,6 | 0,0  | 0,0  | 0,2  | 0,0  | 0,0  |
| 15      | 2,0  | 4,0  | 4,8  | 1,0  | 0,6  | 8,6  | 17,0 | 1,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 11,8 |
| 16      | 2,8  | 0,0  | 29,2 | 0,2  | 0,0  | 5,0  | 34,6 | 0,0  | 0,0  | 10,4 | 0,0  | 0,2  |
| 17      | 0,0  | 0,0  | 0,4  | 0,0  | 0,0  | 4,2  | 0,2  | 0,2  | 0,4  | 0,2  | 4,8  | 0,0  |
| 18      | 0,2  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 14,2 | 1,8  | 0,2  | 2,8  | 0,0  | 42,6 | 0,0  |
| 19      | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,4  | 0,2  | 0,0  | 0,0  | 0,4  | 0,0  |
| 20      | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,2  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 2,4  | 0,0  | 0,0  | 33,2 | 0,0  |
| 21      | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,2  | 0,0  |
| 22      | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 4,4  | 0,0  | 0,0  | 0,4  | 0,0  | 0,0  | 0,2  | 0,0  | 33,0 |
| 23      | 0,0  | 0,6  | 0,0  | 1,0  | 0,2  | 0,0  | 6,6  | 0,2  | 0,0  | 0,2  | 0,0  | 5,8  |
| 24      | 0,0  | 0,6  | 0,0  | 0,0  | 0,2  | 0,0  | 0,2  | 1,6  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |
| 25      | 0,0  | 0,4  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,2  |
| 26      | 0,0  | 0,0  | 0,2  | 1,4  | 1,4  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 1,6  | 21,2 | 0,0  |
| 27      | 0,0  | 0,0  | 4,8  | 0,0  | 7,0  | 0,0  | 0,0  | 1,0  | 0,0  | 0,0  | 1,2  | 0,0  |
| 28      | 0,0  | 0,0  | 10,6 | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 1,0  | 3,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |
| 29      | 0,0  | 4,0  | 0,2  | 0,4  | 0,0  | 0,0  | 6,2  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |
| 30      | 0,0  | 0,0  | 0,6  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |      | 1,2  | 0,0  | 0,4  | 6,2  | 0,0  |
| 31      | 0,0  |      | 0,6  |      | 0,0  | 13,4 |      | 0,0  |      | 0,0  |      | 4,0  |